COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 JUILLET 1948.

PRESIDENCE DE M. CHARLES JACOB.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

M. le **Président** souhaite la bienvenue à M. **N. A. Halbertsma**, Président de la Commission Internationale de l'Éclairage, qui assiste à la séance.

M. le **Président** annonce à l'Académie que la prochaine séance annuelle des prix aura lieu le lundi 13 décembre 1948.

M. le **Ministre de l'Éducation Nationale** adresse ampliation du décret, en date du 22 juin 1948, portant approbation de l'élection que l'Académie a faite de M. **Raoul Combes** pour occuper, dans la Section de Botanique, la place vacante par le décès de M. *Pierre-Augustin Dangeard*.

Il est donné lecture de ce décret.

Sur l'invitation de M. le Président, M. **Raoul Combes** prend place parmi ses Confrères.

PÉDOLOGIE. — *Tendances actuelles de la pédologie dans les régions tropicales et subtropicales.* Note de MM. **Albert Demolon**, **Georges Aubert** et **Stéphane Hénin**.

Une conférence réunissant les pédologues des divers pays tropicaux et subtropicaux constituant le Commonwealth vient de se réunir en Angleterre.

Ayant été invités à y prendre part, nous dégagerons une vue d'ensemble des tendances qui s'y sont manifestées.

Dès l'origine, le point de vue nouveau apporté par la pédologie a été de considérer le sol comme une entité résultant de l'évolution d'une même roche mère, le facteur actif de cette évolution étant le climat. Cette conception trouve une éclatante confirmation dans le fait que les latérites peuvent se former sous le climat tropical humide à partir de roches mères très variées et non pas seulement sur un substratum volcanique basique comme certains le prétendaient.

L'unité du sol étant due à ce que ses divers constituants résultent d'une même dynamique, le type d'évolution doit être pris comme base d'une classification naturelle des sols. Ceci implique que l'on puisse déduire des caractères des divers horizons constituant le profil, l'histoire de celui-ci. L'appréciation de ces caractères est donc d'une importance fondamentale et en tout premier lieu, l'identification de la roche mère. Par ailleurs, quel que soit le sens que l'on attribue aux particularités d'un profil, il est essentiel que sa description soit strictement objective. A cet égard les pédologues américains ont proposé une échelle de couleurs d'un emploi particulièrement commode; d'autres chercheurs ont tenté de préciser les termes définissant la structure des horizons du sol. Ces caractères morphologiques sont malheureusement insuffisants pour reconstituer la genèse du sol, et il est nécessaire de recourir à une étude minéralogique et physico-chimique du milieu.

Par ailleurs, la signification génétique des divers caractères et leur valeur déterminante peuvent être établies par la mesure de leur variation en fonction des facteurs de l'évolution, par exemple du climat, en recherchant des corrélations entre ces données.

La détermination de la genèse du sol est d'autant plus délicate qu'aux facteurs climatiques agissant suivant la verticale sur une roche mère constante s'en ajoutent d'autres, en particulier l'érosion. Celle-ci, en provoquant des déplacements latéraux de substances peut, soit substituer d'une manière plus ou moins complète à la roche mère des éléments différents, soit masquer par un remaniement des couches l'effet de l'évolution verticale. Aussi est-on souvent amené à distinguer sur le terrain trois zones localisées par rapport au relief : le plateau, où l'évolution continue à se produire de bas en haut; la pente, où l'érosion attaque le sol, parfois jusqu'au substratum géologique; enfin, la vallée, où s'accumulent les éléments arrachés à la partie supérieure et où la présence d'un plan d'eau élevé provoque la formation de types spéciaux tels que les sols tourbeux. L'application systématique de cette observation conduit à l'emploi de la méthode dite des *catena* où l'on cherche à définir, pour chaque substratum initial, une séquence de sols liée à la topographie. Ces principes ont été appliqués particulièrement dans l'Est africain et le Sud du Soudan anglo-égyptien.

Sauf de rares exceptions, le sol porte une couverture végétale. Celle-ci est à la fois un indice de sa nature et un facteur de son évolution; en effet, elle crée un microclimat local particulier; elle agit sur la composition du milieu par la production de matière organique; elle intervient également en créant dans le profil un régime hydrique variable qui modifie les mouvements de substances. Aussi de plus en plus phytosociologues et pédologues associent-ils leurs efforts.

Les différents aspects que prend ainsi la dynamique des sols créent de sérieuses confusions quand on cherche à les classer. Aussi voit-on s'opposer deux tendances : l'une visant à adopter une classification purement morphologique, basée sur les caractères apparents du profil; l'autre, fidèle au principe génétique, tient compte avant tout du mode et du stade d'évolution.

La première conception a l'avantage de permettre immédiatement une cartographie générale, mais les caractères apparents n'ont souvent qu'une valeur subjective et la classification est alors plus ou moins arbitraire; lorsque les caractères considérés ont une valeur utilitaire, en ce sens qu'ils sont liés à certaines propriétés agronomiques, on aboutit à une conception plutôt écologique que pédologique. D'ailleurs, la présence d'un même caractère du profil peut correspondre à des dynamiques très différentes : ainsi, la présence de gravillons ou même de cuirasses ferrugineuses, à faible profondeur ou en surface peut être due à l'influence combinée de la végétation et de l'érosion, soit, au contraire, comme on tend de plus en plus à l'admettre, au dépôt de ces éléments à la surface d'une nappe phréatique élevée.

Quant au concept d'évolution, le plus logique, il se heurte à la difficulté de caractériser la genèse du sol, ce qui implique des études de laboratoire poussées. Dans l'état présent des choses, les deux tendances coexistent sans qu'on soit arrivé jusqu'ici à une classification et une cartographie de caractère universel.

La pédologie donne lieu de plus en plus à un travail extensif, imposé par les besoins économiques et alimentaires actuels.

La prospection des sols s'impose en effet avant toute extension des surfaces cultivées dans les territoires d'outre-mer où des aires considérables sont impropres à la culture, notamment en Afrique. Les problèmes à envisager sont d'ailleurs assez différents selon qu'il s'agit de l'agriculture indigène ou de l'exploitation européenne.

La première est en général destructrice de la fertilité; elle épuise en quelques années les réserves nutritives puisées en profondeur et ramenées en surface par la végétation forestière ou arbustive; elle nécessite alors un déplacement des cultures et même des populations. Il convient dans ce cas de tendre vers une agriculture permanente, conservatrice de la capacité productive du sol; une combinaison judicieuse de l'agriculture et de l'élevage en constitue l'un des éléments essentiels.

La seconde doit rechercher pour les mettre en valeur, des sols de qualité en s'appuyant sur l'observation des plantations existantes; une expérimentation bien organisée lui permet de fixer les techniques susceptibles de conduire à des rendements élevés. Comme elle est exportatrice, la fertilisation doit venir assurer les restitutions indispensables au maintien de la productivité dans des conditions rentables.

D'une façon générale, si l'on rencontre des sols renfermant des réserves minérales satisfaisantes, comme certains d'origine volcanique relativement jeunes, d'autres sont chimiquement très pauvres, en raison du lessivage intense et continu auquel ils sont soumis. Leur déficience phosphocalcique très accusée présente une importance particulière, non seulement par ses conséquences sur le développement des cultures, mais encore par ses répercussions sur l'élevage et les populations humaines. De nombreux exemples démontrent qu'on ne saurait trop s'en préoccuper en vue de l'amélioration des conditions alimentaires actuelles du bétail et des hommes.

BIOLOGIE. — *Sur un œstrogène radioactif*. Note de MM. **Pierre Süe, Jean Jacques, Alain Horeau** et **Robert Courrier.**

Nous avons publié ici même, l'an dernier, les résultats de nos recherches sur un nouvel œstrogène artificiel : l'acide diméthyléthylallénolique (1). En introduisant dans la molécule de cette substance un atome de brome, il nous a été possible d'obtenir un œstrogène nouveau, encore très puissant, que nous pouvons rendre radioactif par l'halogène qu'il contient. Nous avons utilisé le brome à défaut du carbone 14 que nous ne possédons pas encore en France.

Les essais entrepris pour rendre radioactive une substance à activité hormonale ne sont pas encore nombreux. Il y a plusieurs années, nous avons tenté sans résultat l'étude de l'iodacétate de testostérone avec du radioiode. Ensuite nous avons pu préparer, en collaboration avec F. Joliot, une thyroxine radioactive dont 2 atomes d'iode sur 4 étaient marqués (2). Depuis, P. et R. Daudel, M. Berger, Buu-Hoï et A. Lacassagne ont obtenu le bromotriphényléthylène radioactif au moyen du radiobrome (3). R. D. Turner a préparé une testostérone radioactive avec du carbone 14 (4); enfin la Commission américaine de l'Énergie atomique a annoncé qu'elle fournirait bientôt aux chercheurs du sulfate d'œstrone marqué (5).

Il faut, bien entendu, utiliser des substances qui retiennent sur leur molécule l'élément radioactif après leur introduction dans l'organisme.

---

(1) Courrier, Horeau et Jacques, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1401.
(2) Joliot, Courrier, Horeau et Süe, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 769.
(3) *Experentia*, **2**, 1946, p. 107.
(4) *Science*, 1947, p. 248.
(5) *Science*, 9 avril 1948, p. 366.

L'acide diméthyléthylallénolique est un œstrogène très actif et son sel de sodium est soluble dans l'eau. Il en est de même pour son dérivé bromé. On peut ainsi l'utiliser en injection intraveineuse, ce qui facilite sa diffusion rapide et sa détection.

L'éther méthylique de notre acide fixe un atome de brome sur le noyau naphtalénique. Il suffit de faire agir une solution de brome dans le tétrachlorure de carbone sur l'œstrogène dissous dans le même solvant. La réaction est très rapide. L'acide bromhydrique formé est éliminé ensuite par évaporation à sec. On recristallise l'œstrogène bromé dans l'alcool éthylique aqueux. Le rendement, même lorsque la synthèse est effectuée sur des quantités de l'ordre de 2 à 10^{mg} se situe aux environs de 80-90 % après deux recristallisations. Cet acide bromo-diméthyléthylallénolique se présente sous forme de fines écailles nacrées et fond à 185-186°, alors que le corps initial fond à 139-140°. Analyse : $C_{18}H_{21}O_3Br$. Trouvé, Br : 22,6; calc., 21,9.

L'atome de brome est solidement fixé sur la molécule de cet œstrogène artificiel. On l'a vérifié en essayant de provoquer un échange entre le brome organique et une solution ionique de radio-brome. Après séparation, l'œstrogène bromé n'est pas devenu radioactif.

Celui-ci possède une activité physiologique intéressante. Nous avons déjà vu que l'éther méthylique de l'acide diméthyléthylallénolique agissait à la dose de 1,5 à 2 γ sur nos Rates castrées. Le corps bromé est actif entre 10 et 20 γ : les injections étant faites en une seule fois et en solution aqueuse (sel de sodium). Soulignons que les animaux utilisés pour nos dosages sont très peu sensibles aux œstrogènes.

Ces conditions étant fixées, il devenait facile d'obtenir un acide diméthyléthylallénolique bromé radioactif en fixant sur le noyau naphtalénique du brome marqué.

Le radiobrome est obtenu en irradiant du bromure d'éthylène par les neutrons produits par le cyclotron du Collège de France. La concentration des radiobromes, de périodes 4,4 et 34 heures, a été étudiée suivant différentes techniques dont nous rendrons compte ultérieurement. Le mélange des deux isotopes renferme une forte proportion du brome 4,4 heures. On comprend alors que l'activité décroisse très rapidement, puisqu'au bout de peu de temps elle n'est due qu'à l'isotope 34 heures qui est peu abondant.

Nous pouvons cependant dès maintenant déceler, *après plusieurs jours*, des quantités d'œstrogène inférieures au γ. Cette limite est beaucoup abaissée dans les expériences de plus courte durée où l'isotope de période 4,4 heures est prépondérant.

BIOLOGIE. — *Sur la distribution spatiale des organes d'un groupe homéotype*
Note (*) de M. **François Grandjean.**

Les cas difficiles ou douteux mis à part, un groupe homéotype d'organes se présente à nous, dans une espèce ou une race, à un âge déterminé de l'ontogenèse, de l'une des trois manières suivantes :

1. En *orthotaxie* lorsqu'il est toujours formé, quel que soit l'individu qui le porte, des mêmes organes en nombre n constant, occupant les mêmes places relatives. *Mêmes organes* veut dire qu'un organe quelconque du groupe, une fois défini sur un individu, se reconnaît sans ambiguïté sur tous les autres individus, de telle sorte que l'on puisse employer, pour désigner cet organe, une notation (ou un nom) qui n'appartienne qu'à lui et à ses homologues. Faute d'un meilleur mot, j'appelle *personnalité* cette qualité d'un organe.

Exemples. — Les dents d'un homme, les poils de presque tous les Oribates, les verrues génitales de presque tous les Acariens actinochitineux, les cellules en nombre fixe qui composent le corps d'un Rotifère, etc.

Lorsque le nombre n est quasi constant, il peut y avoir orthotaxie à condition que ce soit seulement une conséquence du caractère aléatoire de certains organes du groupe, ces organes aléatoires étant aussi personnels que les autres.

2. En *pléthotaxie* quand les emplacements et le nombre n des organes qui le composent varient beaucoup d'un individu à l'autre, de telle sorte qu'il soit impossible de faire correspondre à chaque organe du groupe, quand on change d'individu, un organe homologue. Les organes pléthotaxiques ne sont pas susceptibles de recevoir des notations. Ils ne sont pas personnels. Ils sont en désordre, c'est-à-dire n'ont pas, sur l'ensemble des individus, une distribution spatiale déterminée et régulière. Leur nombre est d'autant plus variable, d'un individu à l'autre, qu'il est en moyenne plus grand.

Exemples. — Les cheveux d'un homme, les poils d'un Trombidion, les verrues génitales d'un *Arrhenurus*, les cellules en nombre variable qui composent la plupart des organes des Vertébrés, etc.

3. En *cosmiotaxie* [1] quand les organes du groupe, quoique en nombre variable, sont distribués d'une manière définie, la même sur tous les individus. Ordinairement les organes se touchent et forment des rangées régulières. A cause de cette régularité, un organe quelconque peut être désigné simplement, sur chaque individu, par des coordonnées de numérotage, mais ces coor-

(*) Séance du 28 juin 1948.

[1] Mot nouveau, de κόσμιος, en bon ordre, et τάξις, arrangement. On pourrait dire *pléthotaxie régulière*, mais cette expression a des inconvénients. J'emploie les termes *orthotaxie* et *pléthotaxie* depuis 1943 (*C. R. séances Soc. phys. et hist. nat. Genève*, 60, p. 118).

données ne sont pas des notations. Elles ne désignent pas le même organe sur tous les individus. Comme en pléthotaxie il est impossible de faire correspondre à chaque organe du groupe, quand on change d'individu, un organe homologue. Les organes cosmiotaxiques ne sont pas personnels.

Exemples. — Les rémiges d'un oiseau, les flagelles alignés (ou les cils) de nombreux grands Flagellés et d'Infusoires, les os dermiques d'un *Ceratodus*, certains épithéliums pavimenteux à cellules hexagonales, un massif de cellules disposées comme dans la multiplication des bactéries du genre *Sarcina*, etc.

Ce sont les *rapports évolutifs entre l'ortho- la plétho- et la cosmiotaxie* qui donnent son principal intérêt au classement que nous venons de faire.

Comparée à la plétho- ou à la cosmiotaxie, l'orthotaxie est primitive. Toutes les fois que l'on saisit des passages, dans un phylum, à un niveau quelconque de l'évolution, pour un groupe quelconque d'organes homéotypes, entre une distribution orthotaxique et une des deux autres sortes de distribution, on est amené à conclure que l'orthotaxie a précédé l'anorthotaxie dans le temps phylogénétique T (j'appelle *anorthotaxie* l'ensemble de la plétho- et de la cosmiotaxie).

Cette règle n'a pas d'exception chez les Acariens que j'ai observés, et l'on verrait sans doute qu'elle s'applique aussi constamment ailleurs, à la seule condition d'être vérifiable, c'est-à-dire pourvu que le phylum étudié contienne encore des cas d'orthotaxie. Elle signifie qu'un *phénomène multiplicateur du nombre des petits* [2] *organes* agit dans tout le monde vivant et qu'il a frappé, frappe, ou frappera des organes extrêmement divers, à des époques du temps T qui dépendent à la fois de la nature des organes, de la place occupée par eux, et des phylums.

Le phénomène multiplicateur, un des plus importants de l'évolution, a détruit déjà l'orthotaxie primitive de presque tous les groupes de petits organes dans quelques phylums, chez les Vertébrés par exemple. Il a moins affecté d'autres phylums. En gros on peut le rendre responsable de l'augmentation de taille des individus dans certains rameaux phylétiques puisqu'il est capable de multiplier le nombre des cellules et que celles-ci, alors même qu'elles deviendraient plus petites à mesure qu'elles se multiplient davantage, ne peuvent pas descendre, dans chaque phylum, au-dessous d'une certaine dimension.

Il faut considérer le phénomène multiplicateur comme une orthogenèse progressive. Ses effets dans le temps T ne sont pas réversibles. Ils augmentent

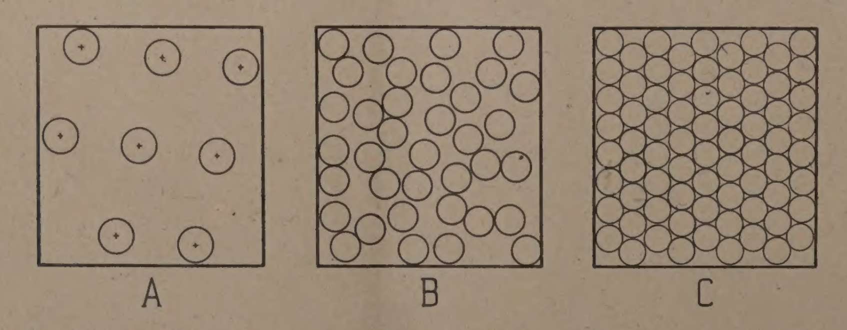
---

[2] Les nécessités de la vie s'opposent vraisemblablement à la multiplication des gros organes complexes. Cependant des Planaires ont acquis plusieurs pharynx. Pour les petits organes élémentaires, on constate ordinairement que la vieillesse dans le temps T, la *force* au sens de la priorité, ou une spécialisation antérieure, sont des obstacles à la multiplication.

depuis une époque initiale T_0 jusqu'à une époque T_1 où ils restent stationnaires, laissant les organes en plétho- ou en cosmiotaxie. Cela ne veut pas dire, bien entendu, que la multiplication soit le seul avatar possible dans un groupe d'organes homéotypes. La réduction numérique est aussi fréquente, mais celle-ci ne produit jamais des résultats inverses de ceux que nous venons d'attribuer au phénomène multiplicateur. Elle obéit à d'autres lois. A partir d'une anorthotaxie franchement accusée, c'est-à-dire à n grand et variable, elle est incapable d'engendrer une orthotaxie. Si elle s'exerce, ce qui extrêmement commun, aux dépens d'une orthotaxie, elle en tire une autre orthotaxie.

Dans le temps ontogénétique t la multiplication des organes est progressive également. On ne passe jamais non plus, au cours du développement d'un animal, de l'anorthotaxie à l'orthotaxie. Chez les Acariens, par exemple, si un adulte est orthotaxique à l'égard d'un groupe homéotype d'organes, sa larve l'est aussi. Si un adulte est pléthotaxique, sa larve est déjà pléthotaxique, ou encore orthotaxique.

Ce dernier cas, qui est heureusement le plus commun, est précieux puisqu'il nous montre des étapes du changement. Chez certaines espèces les organes nouveaux apparaissent dans les rangées orthotaxiques et le nombre n augmente sans qu'il y ait désordre. En continuant on aurait directement une cosmiotaxie. Chez d'autres espèces les organes nouveaux ne s'alignent pas sur les anciens. Il y a pléthotaxie et le désordre est très apparent; mais à mesure que n augmente, ce qui uniformise les organes du groupe, les rapproche les uns des autres et diminue généralement leur taille, le désordre devient plus fin et par conséquent moins visible.



Il doit même théoriquement disparaître si les n organes sont tous pareils et que, multipliés au maximum, ils ne laissent plus entre eux aucun jeu.

Imaginons par exemple une boîte rectangulaire dans laquelle on met des billes identiques entre elles. La figure A schématise une distribution orthotaxique de ces billes, la petite croix qui est au centre de chaque bille voulant dire que la place de l'organe est déterminée (la bille est clouée au fond de la boîte, par exemple). La figure B schématise une distribution pléthotaxique que l'on peut

supposer provenir de A. Les billes sont plus petites et plus nombreuses. Elles ne sont pas en nombre suffisant pour couvrir tout le fond de la boîte et elles sont libres. Elles pourraient se déplacer et réaliser une infinité d'autres distributions pléthotaxiques équivalentes. La figure C schématise la distribution que l'on obtiendrait à partir de B si l'on augmentait au maximum le nombre des billes en leur imposant la condition de ne former qu'une seule couche. Pour que *n* ait sa plus grande valeur, il faut que les billes, leur taille étant donnée, se disposent en rangées régulières et parallèles; donc il faut que la pléthotaxie s'efface et devienne une cosmiotaxie.

Ainsi, de A à C, on a passé indirectement à la cosmiotaxie. L'ordre initial, s'il existait (car des organes orthotaxiques n'ont pas toujours une distribution régulière), a été d'abord détruit, puis a reparu avec d'autres caractères.

EMBRYOGÉNIE. — *L'induction organisatrice hermaphrodite de l'appareil reproducteur, fonction essentielle des gonocytes primordiaux, chez les Vertébrés.* Note (*) de M. **Paul Wintrebert.**

On distingue généralement dans l'œuf des Vertébrés deux grandes régions, le germen et le soma, la première édifiant l'appareil reproducteur, la seconde le reste du corps; mais les embryologistes ne s'entendent pas sur la valeur respective de ces régions, la nature de leurs relations réciproques et le mécanisme de leur activité. En ce qui concerne le développement de l'appareil reproducteur, les uns considèrent les gonocytes primordiaux, qui représentent le germen, comme des éléments passifs, ne prenant aucune part à l'organisation génitale et font dériver celle-ci du mésoderme latéral d'origine somatique (École américaine de Witschi, Humphrey, etc.) (1). Les autres, à l'opposé, exaltent la puissance du germen, qu'ils estiment indépendant du soma: ils en font un centre de vie autonome, générateur, à travers la descendance, d'une lignée continue, immortelle, vivant en parasite dans le soma périssable, sans en subir l'influence (Nussbaum, Weismann, Bounoure) (2). Entre ces deux thèses contradictoires, le débat est toujours pendant; pourtant, si l'on en juge par le résultat d'expériences qui paraissent décisives, aucune d'elles n'est valable. D'une part, en effet, la destruction, ou l'ablation des gonocytes primordiaux, pratiquée chez les Oiseaux [V. Dantschakoff (3)] et chez les Amphibiens [L. Bounoure (4)], suffit à empêcher la formation de l'appareil génital. D'autre part, l'échange, par ablation et greffe de volets latéraux de l'abdomen,

---

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) R. R. Humphrey, *Journ. exper. Zoology*, 65, 1933, p. 262 et 246.

(2) L. Bounoure, *Annales Sci. Nat. Zoologie*, 17, 1934, p. 204 et 186.

(3) *La cellule germinale*, 1934, Paris.

(4) *Comptes rendus*, 201, 1935, p 1223.

entre jeunes têtards d'Amphibiens (R. R. Humphrey) ([4]), révèle que le volet somatique greffé, étranger à l'hôte qui fournit les gonocytes primordiaux, impose à la gonade son sexe génétique et interrompt ainsi le destin sexuel des gonocytes primordiaux. Cependant l'élimination complète de ceux-ci reste à discuter.

On peut, en effet, séparer la détermination sexuelle de l'état spécifique, arguer qu'en dehors de la sexualité la lignée germinale persiste et que les gonocytes primordiaux, déchus de leur sexe, n'en continuent pas moins leur évolution. On crée ainsi deux centres génitaux indépendants : un centre germinal, organisateur de l'appareil, et un centre somatique, différenciateur du sexe. C'est le point de vue qu'adopte Ét. Wolff ([5]) à propos de l'expérience d'Humphrey, en attribuant à la glande interstitielle, somatique, la maîtrise sexuelle de la gonade et en la dotant du pouvoir d'inverser le sexe des gonocytes primordiaux.

Certes, la prévalence hormonale de la glande interstitielle ne fait pas doute et la précosité de son action est démontrée (Ancel et Bouin) ([6]); mais la question est tout autre. Il s'agit de savoir si cette glande possède une initiative sexuelle autonome, un pouvoir de détermination propre, si elle est capable non seulement d'effacer le sexe génétique, déjà engagé, des gonocytes primordiaux, mais de leur en imposer un autre.

En principe, ce renversement de fonction est inadmissible; l'évolution cytologique constructive est chimique, donc irréversible, comme l'est toute mutation. C'est la raison pour laquelle les changements de sexe se produisent à partir de nouveaux gonocytes corticaux et non par inversion des gonocytes préexistants. En fait, les injections d'hormones sexuelles antagonistes, pratiquées dans l'œuf de poule par Et. Wolff et Ginglinger ([7]), montrent nettement que les gonocytes, déjà déterminés sexuellement, dégénèrent, tandis que les gonocytes corticaux de nouvelle génération, encore vierges de toute détermination sexuelle, subissent, sans dommage, la loi de l'hormone injectée, avant que ne se déclenche leur induction sexuelle propre. Quant au facteur interstitiel, l'hypothèse d'Et. Wolff se heurte à la constatation formelle, qu'au cas d'une détermination génétique femelle, à l'état normal, l'ébauche testiculaire des cordons médullaires, née la première, dégénère tout entière, tissu interstitiel compris. Celui-ci ne possède donc pas une initiative sexuelle indépendante, une vie propre, autonome, lui donnant le pouvoir de prendre les devants dans l'établissement du sexe femelle, qu'il détient.

Le problème causal de l'édification génitale est donc loin d'être éclairci. Pour tenter de le résoudre, je l'envisagerai sous plusieurs aspects.

([5]) Et. Wolff, *Les changements de sexe*, 1946, p. 181, Gallimard, Paris.
([6]) Ancel et P. Bouin, *C. R. Soc. Biol.*, 55, 1903, p. 1682.
([7]) Et. Wolff et Gingliger, *Arch. Anat. Hist. Embryol.*, 20, 1935.

I. *La fonction organisatrice des gonocytes primordiaux.* — J'ai proposé en 1934 ([8]) de donner aux gonocytes primordiaux le pouvoir d'induire les cellules de la crête cœlomique en gonocytes secondaires organisateurs. Depuis 1934, des observations cytologiques précises sont venues confirmer le bien-fondé de cette suggestion. Comme l'a bien vu Bounoure ([2]), les gonocytes primordiaux des Amphibiens, tout au long de leur migration vers le haut du cœlome, désagrègent et dissolvent progressivement le *déterminant germinal.* Ils élaborent, grâce à lui, une sécrétion dont la nature organisatrice, révélée par la formation même de la gonade, est inscrite sur les coupes de la crête germinative en prolifération, par la transformation progressive, *in situ*, des cellules cœlomiques en gonocytes secondaires, au contact des gonocytes primordiaux.

II. *La signification du germen.* — Les partisans de la lignée germinale indépendante et continue ont fait du germen un cytoplasme spécial, une entité. La réalité est tout autre. Trois groupes de faits en témoignent : 1° Le *déterminant germinal* est une enclave lipoïde dont les particules, englobées et aussitôt élaborées par les macromères vitellins du pôle végétatif, transforment les blastomères qui les ont captées, en gonocytes primordiaux. 2° Le cœlome, terme du voyage des gonocytes primordiaux, est dérivé de la plaque mésodermique latérale, dont l'origine est somatique; sans lui, pas de gonade, ni d'appareil reproducteur. La formation de celui-ci est donc l'œuvre commune du soma et du germen. 3° L'expérience d'Humphrey ne laisse d'autre part, aucun doute sur l'intervention organisatrice et sexuelle du soma.

L'unité de l'œuf, ainsi rétablie, appartient au nucléoplasme, partout semblable à lui-même et dirigeant ses déterminations avec le concours des enclaves. La pluralité de celles-ci n'altère en rien son action; elles ne sont pour lui que des matériaux à élaborer, des moyens de construction, des éléments de détermination. L'enchaînement des inductions, élaborées grâce à elles, relie le germen au soma, dans une coopération étroite et ordonnée.

III. *Le caractère hermaphrodite de l'induction organisatrice germinale.* — L'hermaphrodisme de la première ébauche génitale est évident et d'ailleurs incontesté, tant au niveau des gonades que dans les tractus génitaux. La seule question qui se pose est donc de savoir pourquoi les auteurs s'obstinent à en chercher l'explication dans le cadre de la sexualité. Ils dénaturent celle-ci; ils vont jusqu'à la déclarer indifférente, bipotentielle, bivalente, alors que son caractère essentiel est d'être exclusive et unisexuelle. Ils réduisent ainsi à néant le facteur même qu'ils préconisent. Mais ils ont beau minimiser, ou déformer la sexualité, ils n'aboutissent pas à l'hermaphrodisme. Les deux facteurs sont d'origine et de nature différentes; la sexualité signifie concurrence, antagonisme, conflit des hormones; même affaiblie, elle garde son caractère unisexuel;

([8]) P. Wintrebert, *C. R. Soc. Biol.*, 116, 1934, p. 694.

l'hermaphrodisme est, au contraire, la coexistence fonctionnelle et pacifique des deux sexes. Les hormones mâle et femelle se neutralisent, s'annihilent, auquel cas, sans hermaphrodisme, il n'y a pas de sexe, et si l'une devient dominante, il n'y a qu'un sexe.

Les hormones embryonnaires, imaginées par Witschi ([9]), ont le même caractère d'opposition que les hormones définitives et le fait qu'on ne saisit pas le substratum de leur origine, avant la naissance des formations qu'elles sont censées produire, empêche qu'on les tienne pour organisatrices. Au contraire, la sécrétion de l'induction germinale hermaphrodite est soulignée par des signes cytologiques manifestes dans les gonocytes primordiaux et secondaires.

Sans doute, le maniement expérimental des hormones a-t-il concentré l'attention sur la sexualité et suscité l'espoir d'expliquer, par elle, le mécanisme normal de l'ontogénèse génitale; mais c'est, avant tout, l'ignorance de l'induction organisatrice des gonocytes primordiaux qui a, dans la recherche des causes, forcé les embryologistes à se rabattre sur la sexualité.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Les actions de la streptomycine sur les graines en germination des plantes vertes et sur les polynucléotides.* Note (*) de MM. **Hans von Euler**, **Mario Bracco** et **Leo Heller**.

Quand on fait germer des graines de plantes vertes, par exemple d'orge, sur du papier à filtrer, imbibé de solutions de streptomycine plus concentrées que 2^{mg} par millilitre, les coléoptiles et les premières feuilles des plantes sont complètement blanches; à l'examen microscopique on observe, au lieu de chloroplastes, seulement des leucoplastes. Quand les graines germantes sont en contact avec des solutions de streptomycine moins concentrées, les extrémités des feuilles qui se développent sont vertes, tandis que la base et la partie centrale des feuilles sont blanches. Le même effet a été obtenu avec les graines de toutes les plantes étudiées : *Secale cereale*, *Phleum pratense*, *Lolium perenne*, *Festuca elatior*, *Festuca duriuscula*, *Raphanus radicicola*, *Lactuca sativa* et *Spinacia glabra*.

Si l'on soumet des plantules obtenues normalement à l'action de la streptromycine, la chlorophylle déjà formée ne disparaît pas, tandis que, si l'on fait germer les graines dans une solution de streptomycine, les feuilles se développent étiolées et incapables de verdir à la lumière.

Nous pouvons retarder ou arrêter la chlorophyllogenèse dans les plastides des feuilles étiolées; par exemple les feuilles incolores, détachées de l'intérieur d'une tête de *Brassica Botrytis* ou de *Lactuca sativa*, qui normalement verdissent

([9]) *Cold Spring Harbor Symposia*, **10**, 1942, p. 145.

(*) Séance du 28 juin 1948.

à la lumière en quelques jours, restent blanches ou très pâles quand elles sont exposées à la lumière dans une solution de streptomycine.

Quant au mécanisme de l'action anti-chlorophyllogène de la streptomycine, nous voudrions mettre en évidence la faculté que possède la streptomycine de *précipiter la chloroplastine* (1).

Les chloroplastes renferment de la chloroplastine (2). Cette substance se présente comme une combinaison de chlorophylle avec des protéines, des lipides et des acides nucléiques (3). On peut donc conclure, que la précipitation de la chloroplastine et des autres composants des chloroplastes, qu'on obtient avec la streptomycine, est causée par leur teneur en acides nucléiques.

La streptomycine précipite les acides ribonucléiques et désoxyribonucléiques et les nucléoprotéides correspondants. Elle ne peut pas être remplacée par une autre substance connue d'origine naturelle, mais nous avons réussi à employer comme précipitant deux produits *synthétiques*, contenant, comme la streptomycine, deux groupes de guanidine par molécule (4), à savoir la synthaline et la diméthylène-diguanidine-1.2. Les molécules de ce type, portant deux groupes de guanidine à une certaine distance l'un de l'autre, semblent posséder une affinité spécifique envers les dérivés des nucléotides.

A quel point de la chlorophyllogenèse l'intervention de la streptomycine a-t-elle lieu ? La chlorophyllogenèse peut être interrompue dans une phase de la synthèse chlorophyllienne, mais cette interruption peut aussi avoir lieu à un point *antérieur* du développement de la chlorophylle.

A. Guillermond (5) a montré le premier que les chloroplastes et les autres plastides se forment par différenciation des chondriosomes. Les chloroplastes ont une constitution très voisine de celle des chondriosomes, et elles sont, dans les végétaux chlorophylliens les plus évolués, le résultat de la différenciation de petits organites, désignés sous le nom de leucoplastes. On peut attribuer à ces organites le caractère des liponucléoprotéides. Du moins, nous n'avons trouvé aucune différence dans les cellules animales entre les précipitations des microsomes, des mitochondries et des plastides.

On peut donc supposer que la streptomycine influence déjà les premières

---

(1) M. Bracco et H. Von Euler, *Kemiska Arbeten*, Ny följd II, 9 mai 1947, 10 novembre 1947, 10 mars 1948.

(2) A. Stoll, *Atti Congr. intern. di Chimica*, Rome, 1938, p. 206; la chloroplastine est désignée sous le nom de *chloroplasten-substanz*, par W. Menke (*Z. physiol. Chem.*, 257, 1938-1939, p. 43); sous le nom de *chloroplast substance*, par E. L. Smith (*Journ. Gen. Physiol.*, 24, 1941, p. 565) et par C. L. Comar (*Bot Gaz.*, 104, 1942-1943, p. 766).

(3) H. G. Dubuy et M. W. Woods, *Phytopathology*, 33, 1943, p. 766.

(4) *Voir* Selman et A. Waksman, *Microbial Antagonisms and Antibiotic Substances*, 2e édit., New-York, 1947.

(5) *Traité de Cytologie végétale*, Paris, 1933.

transformations des chondriosomes, qui sont accompagnées par des altérations histochimiques et morphologiques.

Chez l'Orge nous trouvons des analogies entre les plantules blanches, obtenues par l'action de la streptomycine et les mutants déficiants de chlorophylle, obtenus par irradiation avec des rayons X. Chez les mutants d'Orge du type *Albina*, *Xantha* et *Alboxantha*, Euler et Bergman ([6]) ont observé qu'un manque de chlorophylle est accompagné par une anomalie des chloroplastes, anomalie que nous avons considérée comme le premier et essentiel stade de cette mutation.

Nous avons suivi aussi le développement des chloroplastes dans les feuilles d'Orge, traité par la streptomycine pendant la germination. Nous avons employé la méthode de l'observation vitale sur de minces coupes à la main et sur des couches mésophylliennes sous-épidermiques, en solutions isotoniques de saccharose, où nous avons utilisé la fixation avec le réactif iodo-ioduré d'après Guillermond ([7]). La coloration vitale par le vert Janus donne des résultats trop inconstants dans ce type de tissu. Dans les feuilles, dont le sommet est déjà un peu vert (dans lesquelles l'effet de la streptomycine n'était donc pas maximum), on trouve, en partant de la base, tous les degrés de développement des chloroplastes. Mais, en comparaison avec les contrôles, les chloroplastes n'achèvent leur développement total qu'à une grande distance de la base; le nombre des chloroplastes mûrs par cellule est fortement réduit : à une distance de la base où, dans les contrôles, la paroi cellulaire est déjà complètement couverte de chloroplastes, on ne voit dans les feuilles traitées avec la streptomycine que deux à trois chloroplastes mûrs par cellule. La formation des granules d'amidon et le dépôt des pigments ont lieu aussi dans les feuilles traitées, mais ici les chloroplastes sont souvent plus petits que les chloroplastes normaux.

Nous avons aussi suivi l'action de la streptomycine sur les plastides par une autre méthode : des couches épidermiques de *Allium Cepa* étaient mises dans des solutions de streptomycine (jusqu'à 2^{mg} par millilitre), rendues isotoniques avec du saccharose. Après deux heures, on pouvait observer des agglomérations et de l'affaiblissement de la mobilité des chondriosomes, mais, à côté de ces cellules modifiées, il y avait toujours des cellules tout à fait normales.

Nos expériences nous amènent à la conclusion, que c'est en réagissant avec les acides nucléiques et les nucléoprotéides des chondriosomes que la streptomycine modifie leur différenciation et leur division et influence le développement des chloroplastides.

([6]) *Bot. Ber.*, **1**, 1933, p. 283.
([7]) *Rev. Gén. de Bot.*, **31**, 1919, p. 389.

DÉSIGNATIONS.

L'**Union Internationale d'Histoire des Sciences** signale qu'elle a inscrit, dans son budget de 1949, une somme de 1 000 dollars pour la publication de la Correspondance de Lavoisier, et invite l'Académie à former un Comité qui sera chargé de diriger cette Publication.

Ce Comité est ainsi constitué : le **Bureau de l'Académie**, la **Section de Chimie**, Mme **de Chazelles**, MM. **Douglas Mac Kie**, **Jean Pelseneer**, **René Fric**.

Les Archives de l'Académie contiennent les minutes d'un assez grand nombre de lettres de Lavoisier, d'autres se trouvent dans la collection de Mme de Chazelles et dans diverses collections particulières. Un appel est adressé à toutes les personnes qui en détiennent pour qu'elles veuillent bien en faire connaître l'existence au Comité.

CORRESPONDANCE.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

Association française pour l'étude du sol. *Comptes rendus de la Conférence de Pédologie méditerranéenne* (présenté par M. Demolon).

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Quelques propriétés et applications du balayage.* Note (*) de M. **Marcel Brelot**, présentée par M. Élie Cartan.

1\. *Rappel de quelques notions* (1). — Si R_τ est l'espace euclidien à $\tau \geqq 2$ dimensions, on raisonnera dans l'espace compact $\overline{R}_\tau$ obtenu par adjonction d'un point à l'infini. Soit le domaine Ω de complémentaire non polaire et de fonction de Green $G_P(M)$ servant à définir des potentiels-G. Dans Ω, l'extrémale $\mathcal{E}_u^A$ ou $\mathring{u}$ de u sousharmonique $\leqq 0$ relativement à l'ensemble $A \subset \Omega$ est la plus grande fonction sousharmonique $\leqq 0$ égale à u quasi partout hors A. Notion analogue pour v surharmonique $\geqq 0$ ($\mathcal{E}_v^A = -\mathcal{E}_{-v}^A$) et pour une différence dont l'extrémale sera la différence des extrémales. L'extrémale est conservée par itération ou altération de A d'un ensemble polaire. Si u est un potentiel-G, de même $\mathring{u}$ et la nouvelle distribution de masses est dite obtenue par extrémisation relative à A ou balayage relatif à $C_\Omega A$ (balayage extérieur de H. Cartan).

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) Voir surtout Brelot, *J. de Math.*, **24**, 1945, p. 1-32 et H. Cartan, *Annales de l'Univ. de Grenoble*, section des Sc. Math. et physiques, **22**, 1946, p. 221-280.

Il est commode d'utiliser aussi sur Ω la *topologie fine* de H. Cartan, telle que les voisinages d'un point P sont les ensembles contenant P et de complémentaire effilé en P, et qui est la moins fine rendant continues les fonctions sous-harmoniques. Le qualificatif fin ou finement indique qu'une notion est prise dans cette topologie. On sait que, après une extrémisation relative à A, il n'y a plus de masses sur l'intérieur fin de A ([2]).

2. LEMME. — *Soient dans Ω, u sous-harmonique $\geq$ K fini et A l'ensemble où $u = K$. Alors il n'y a pas de masses associées sur l'intérieur fin de A* ([3]).

Comme il s'agit d'une propriété locale de $\overline{R}_\tau$, on se ramène (en diminuant Ω puis altérant u au voisinage de la frontière et d'une constante partout) au cas de $u \leq 0$, potentiel-G, venant s'annuler à la frontière, avec $K < 0$. Alors, relativement à l'ouvert ω où $u < K + \alpha$ ($\alpha > 0$ assez petit) et dont l'adhérence est contenue dans Ω, l'extrémale y vaut la solution du problème de Dirichlet H_u^ω. Mais comme l'ensemble des points-frontière où un domaine (de complémentaire non polaire) est effilé, est de mesure harmonique nulle pour ce domaine ([4]), $H_u^\omega = K + \alpha$ d'où $\mathcal{E}_u^A = u$ sur A donc partout.

3. Soit $A \subset \Omega$ et la distribution ε_P (masse 1 en P). On sait que $\mathring{\varepsilon}_P$ ne charge P (et vaut alors ε_P) que si CA est non effilé en P, que $\mathring{\varepsilon}_P$ ne charge, hors P, ni les ensembles polaires, ni l'intérieur fin de A. De plus :

THÉORÈME. — *$\mathring{\varepsilon}_P$ ne charge pas, hors P, l'extérieur fin de A. Autrement dit le balayage de la masse unité en P relativement à un ensemble B, n'apporte pas de masses, hors P, sur l'intérieur fin de B.*

Considérons en effet $v = G_P - \mathring{G}_P$ sur un domaine ω auquel P n'est pas adhérent. Il n'y a donc pas sur ω de masses associées à v ou $\mathring{G}$ sur l'intérieur fin de l'ensemble où $G = \mathring{G}$, donc sur l'intérieur fin de CA ([5]).

COROLLAIRE. — *Soit u sous-harmonique ≤ 0 et $A \subset \Omega$; l'extrémale $\mathcal{E}_u^A$ ne dépend sur l'adhérence fine de A que des valeurs de u sur la frontière fine de A.*

Cela résulte de $\mathring{u}(M) = \int u \, d\mathring{\varepsilon}_M$.

([2]) Dire qu'un ensemble ne porte pas de masses, c'est dire qu'il est de mesure nulle pour la distribution des masses prise comme mesure de Radon.

Un énoncé plus précis est qu'il n'y a pas de masses sur le *noyau* de A, ensemble des points de Ω où CA est effilé (et qui est la réunion de l'intérieur fin de A et de l'ensemble, d'ailleurs polaire, des points finement isolés de CA).

([3]) Identique ici au noyau de A.

([4]) *Voir* DE LA VALLÉE-POUSSIN, *Bull. Ac. Royale de Belgique* (classe des sciences), 5e série, 24, 1938, p. 685 (Note au bas de page) et une autre démonstration dans mon article du *Bull. Soc. royale des Sc. de Liége*, 1939, p. 473. On y suppose le domaine borné, mais le passage à nos hypothèses est facile.

([5]) La même méthode peut s'appliquer à l'extrémisation extérieure (balayage intérieur), mais le résultat s'exprime moins simplement.

4. APPLICATIONS. — 1. *Soient u la différence $u_1 - u_2$ de deux potentiels-G de masses ≥ 0 et A l'ensemble où u est non définie ou nulle; alors $\mathcal{E}_u^A = u$ quasi partout, et il n'y a donc pas de masses sur l'intérieur fin de A* ([6]) (intérieur qui ne dépend pas de la décomposition de u).

Car on a $u_1 = u_2$ sur A, donc sur la frontière fine, puis $\overset{\circ}{u}_1 = \overset{\circ}{u}_2$ sur A d'où $u_1 - u_2 = \overset{\circ}{u}_1 - \overset{\circ}{u}_2$ quasi partout.

Un peu plus généralement, si sur un ensemble, la différence de deux fonctions sous-harmoniques est non définie ou nulle, l'intérieur fin ne porte pas de masses de la distribution-différence.

2. *Si u est un potentiel-G (de masses de signes quelconques) de même u^+, u^-, donc $|u|$*([7]) *; u^+, u^- se déduisent de u par des extrémisations.*

Car si l'on décompose encore $u = u_1 - u_2$ et si l'on prend pour A l'ensemble où $u_1 < u_2$ (ou encore $u_1 \leq u_2$), on déduit $u_1 = u_2$ sur la frontière fine, d'où $\overset{\circ}{u}_1 = \overset{\circ}{u}_2$ sur A, puis $(u_1 - u_2)^+ = \overset{\circ}{u}_1 - \overset{\circ}{u}_2$ quasi partout, et même par continuité fine, partout où les deux membres sont définis.

Cette propriété de $|u|$ permet d'améliorer un énoncé récent ([8]) affirmant la nullité d'une fonction harmonique satisfaisant à certaines conditions à la frontière; la condition pour la fonction v considérée d'être harmonique bornée pourra être remplacée par celle que v soit une différence de deux fonctions sous-harmoniques bornées (potentiel borné), et il sera entendu que le u de l'énoncé est nul là où v est nul.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Remarque sur l'interpolation newtonienne.*

Note de M. **Gérard Kowalewski**, présentée par M. Élie Cartan.

Le théorème de Taylor peut être écrit de la manière suivante, dont je me sers depuis longtemps

$$f(x) - f(x_0) - \frac{x - x_0}{1!} f'(x_0) - \ldots - \frac{(x - x_0)^{n-1}}{(n-1)!} f^{(n-1)}(x_0)$$
$$= \int_a^b \frac{1}{2} \frac{(x - u)^{n-1}}{(n-1)!} [\operatorname{sgn}(x - u) - \operatorname{sgn}(x_0 - u)] f^{(n)}(u)\, du.$$

Dans l'intervalle $a \ldots b$ contenant x et x_0, la fonction $f(x)$ est supposée continue jusqu'à sa dérivée d'ordre n

$$\mathfrak{T}(x, u) = \frac{1}{2} \frac{(x - u)^{n-1}}{(n-1)!} [\operatorname{sgn}(x - u) - \operatorname{sgn}(x_0 - u)]$$

([6]) D'ailleurs identique au noyau de A.

([7]) M. J. Deny à qui j'ai communiqué ce résultat en a obtenu une démonstration immédiate, seulement basée sur le fait que l'enveloppe inférieure de deux potentiels-G de masses ≥ 0 est de cette même nature.

([8]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1499-1500. Application du théorème 1.

est un noyau de Fredholm que j'appelle le *noyau taylorien*. L'opération de Fredholm

$$\Phi(x)=\int_a^b \mathfrak{T}(x, u)\varphi(u)\,du$$

conduit de $\varphi(x)$ à une fonction primitive d'ordre n, qui est déterminée par les conditions

$$\Phi(x_0)=0, \quad \Phi'(x_0)=0, \quad \ldots, \quad \Phi^{(n-1)}(x_0)=0.$$

En se servant de l'abréviation

$$f(x_0)+\frac{x-x_0}{1!}f'(x_0)+\ldots+\frac{(x-x_0)^{n-1}}{(n-1)!}f^{(n-1)}(x_0)=t(x),$$

on pourra écrire

$$(1) \qquad f(x)-t(x)=\int_a^b \mathfrak{T}(x, u)f^{(n)}(u)\,du.$$

Fixons maintenant dans l'intervalle $a\ldots b$ les points $x_1, \ldots, x_n$ et formons avec ces points les polynomes de Lagrange

$$\mathfrak{L}_1(x)=\frac{(x-x_2)\ldots(x-x_n)}{(x_1-x_2)\ldots(x_1-x_n)}, \qquad \ldots, \qquad \mathfrak{L}_n(x)=\frac{(x-x_1)\ldots(x-x_{n-1})}{(x_n-x_1)\ldots(x_n-x_{n-1})}$$

et le polynome d'interpolation

$$\mathfrak{P}(x)=\Sigma\,\mathfrak{L}_\nu(x)f(x_\nu).$$

Notre formule fondamentale (1) nous donnera une expression très remarquable de la différence $f(x)-\mathfrak{P}(x)$. Nous en concluons d'abord

$$\Sigma\,\mathfrak{L}_\nu(x)[f(x_\nu)-t(x_\nu)]=\int_a^b[\Sigma\,\mathfrak{L}_\nu(x)\,\mathfrak{T}(x_\nu, u)]f^{(n)}(u)\,du.$$

Parce qu'on a pour le polynome $t(x)$ du degré $n-1$

$$\Sigma\,\mathfrak{L}_\nu(x)\,t(x_\nu)=t(x),$$

on pourra écrire

$$(2) \qquad \mathfrak{P}(x)-t(x)=\int_a^b[\Sigma_\nu\mathfrak{L}(x)\mathfrak{T}(x_\nu, u)]f^{(n)}(u)\,du.$$

En soustrayant (1) et (2) on trouvera

$$(3) \qquad f(x)-\Sigma\,\mathfrak{L}_\nu(x)f(x_\nu)=\int_a^b[\mathfrak{T}(x, u)-\Sigma\,\mathfrak{L}_\nu(x)\,\mathfrak{T}(x_\nu, u)]f^{(n)}(u)\,du.$$

L'écart entre $f(x)$ et le polynome d'interpolation $\mathfrak{P}(x)$ s'exprime, comme on voit, par l'écart analogue formé pour le noyau $\mathfrak{T}(x, u)$, regardé comme fonction de x, et par la dérivée $f^{(n)}(x)$.

Cette formule (3) subsistera encore, quand les points $x_1, \ldots, x_n$ se confondent en quelques groupes. Toujours l'écart entre $f(x)$ et son polynome d'interpolation s'exprimera de la même façon par l'écart analogue formé pour $\mathfrak{T}(x, u)$ comme fonction de x et par $f^{(n)}(x)$.

Remarquons enfin que dans la formule (3) on pourrait remplacer $\mathcal{C}(x, u)$ par

$$\mathcal{C}^*(x, u) = \frac{1}{2} \frac{(x-u)^{n-1}}{(n-1)!} \operatorname{sgn}(x-u),$$

parce que la partie $(1/2)[(x-u)^{n-1}/(n-1)!]\operatorname{sgn}(x_0-u)$ de $\mathcal{C}(x, u)$, polynome du degré $n-1$ en x, apporte à l'expression $\mathcal{C}(x, u) - \Sigma \mathcal{L}_\nu(x)\mathcal{C}(x_\nu, u)$ la contribution zéro. La formule (3) se réduira ainsi à

$$(3^*) \qquad f(x) - \Sigma \mathcal{L}_\nu(x) f(x_\nu) = \int_a^b [\mathcal{C}^*(x, u) - \Sigma \mathcal{L}_\nu(x)\mathcal{C}^*(x_\nu, u)] f^{(n)}(u)\, du.$$

L'interpolation newtonienne est de cette manière liée au noyau de Fredholm

$$\mathcal{K}(x, u) = \mathcal{C}^*(x, u) - \Sigma \mathcal{L}_\nu(x)\mathcal{C}^*(x_\nu, u).$$

L'opération de Fredholm

$$\Phi(x) = \int_a^b \mathcal{K}(x, u)\varphi(u)\, du$$

conduit à une fonction primitive d'ordre n de $\varphi(x)$ déterminée par les conditions

$$\Phi(x_1) = 0, \quad \ldots, \quad \Phi(x_n) = 0.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une méthode de calcul des images symboliques.* Note (*) de M. **Jean Nordon**, présentée par M. Henri Villat.

B. van der Pol ([1]) a donné une méthode pour trouver, dans certains cas, la transformée de Laplace $f(p)$ d'une fonction $y(x)$ solution d'une équation différentielle (E) linéaire homogène ([2]). La méthode consiste à déduire de (E) une équation (F) de même type ayant $f(p)$ pour solution, et son intérêt provient de ce que si (E) est d'ordre n à coefficients polynomes de degré r en x, (F) est d'ordre r à coefficients de degré n en p. Si $r < n$, l'ordre de l'équation est donc abaissé; r solutions convenables de (E) donnent un système fondamental de solutions de (F). Il est naturel de se demander ce que sont devenues les $(n-r)$ solutions de (E) qu'il faut adjoindre aux précédentes pour avoir un système fondamental de solutions. La réponse tient dans le fait que la transformée (F) de (E) n'est homogène que si l'on suppose y et ses $(n-r-1)$ premières dérivées nulles pour $x=0$; sinon (F) admet un second membre linéaire et homogène en $y(0)$, $y'(0)$, ..., $y^{(n-r-1)}(0)$. On peut d'ailleurs éliminer ces quantités en dérivant (F), et l'on obtient une équation (F′) de mêmes ordre et type que (E) qu'on doit donc considérer comme la véritable transformée de (E). L'intérêt de la méthode de van der Pol se présente alors comme étant de

(*) Séance du 21 juin 1948.

([1]) *Phil. Mag.*, 7e série, **8**, 1929, p. 861-898.

([2]) H. V. Lowry (*Phil. Mag.*, 7e série, **13**, 1932, p. 1048) et plus récemment P. Baudoux (*Bull. Ac. Roy. Belg.*, *Cl. des Sc.*, 1945, p. 471 et 669; 1946, p. 127), ont montré que la méthode s'applique avec le même succès à des équations non homogènes.

donner directement une intégrale première (dépendant de $n-r$ constantes arbitraires) (F) de (F').

La méthode de van der Pol permet donc d'obtenir, si elles existent, les transformées de Laplace de *toutes* les solutions de (E), en remplaçant $y(0)$ et ses dérivées, soit par leurs valeurs, soit par une constante arbitraire (si ces valeurs, ou leurs coefficients, étaient nuls ou infinis). Cette extension de la méthode se justifie rigoureusement sans peine lorsque, comme dans les exemples suivants, $y(x)$ est développable en série absolument et uniformément convergente pour tout x.

Prenons par exemple l'équation de Bessel sous la forme

$$xy'' + (1-2\lambda)y' + xy = 0. \tag{1}$$

Sa transformée est (2), d'où l'on déduit les relations (3) et (4)

$$p(p^2+1)f' + (2\lambda p^2 - 1)f = 2\lambda y(0)p^2 = Ap^2, \tag{2}$$

$$x^\lambda J_{-\lambda}(x) \supset -\frac{2^{\lambda+1}}{\Gamma(-\lambda)} \frac{p}{(p^2+1)^{\lambda+\frac{1}{2}}} \int_0^p (p^2+1)^{\lambda-\frac{1}{2}} dp \tag{3}$$
$$- \frac{p}{(p^2+1)^{\lambda+\frac{1}{2}}} \left| \int_0^\infty (p^2+1)^{\lambda-\frac{1}{2}} dp, \right.$$

valables quel que soit λ non entier $\geqq 0$. On a introduit la notion de M. Hadamard : partie finie d'une intégrale infinie (inutile si $\mathcal{R}\lambda < 0$).

$$x^n Y_n(x) \supset -2^{n+1} n! \frac{p}{(p^2+1)^{n+\frac{1}{2}}} \int_0^p (p^2+1)^{n-\frac{1}{2}} dp \qquad (n \text{ entier} \geqq 0). \tag{4}$$

L'équation de Bessel sous la forme (5) conduit aux relations (6) et (7)

$$xy'' + (1+\lambda)y' - y = 0. \tag{5}$$

$$x^{-\frac{\lambda}{2}} I_\lambda(2\sqrt{x}) \supset \frac{1}{\Gamma(\lambda)} p^\lambda e^{\frac{1}{p}} \int_p^\infty e^{-\frac{1}{p}} \frac{dp}{p^{\lambda+1}}, \tag{6}$$

$$2x^{-\frac{\lambda}{2}} K_\lambda(2\sqrt{x}) \supset \Gamma(\lambda)\Gamma(1-\lambda) e^{\frac{1}{p}} p^\lambda - \Gamma(1-\lambda) e^{\frac{1}{p}} p^\lambda \int_p^\infty e^{-\frac{1}{p}} \frac{dp}{p^{\lambda+1}}, \tag{7}$$

valables si $\mathcal{R}\lambda > 0$.

Si $\mathcal{R}\lambda \leqq 0$, les intégrales n'ont plus de sens, et l'on doit introduire des parties finies d'intégrales, d'où (en changeant λ en $-\lambda$)

$$x^{\frac{\lambda}{2}} I_{-\lambda}(2\sqrt{x}) \supset \frac{-1}{\Gamma(-\lambda)} e^{\frac{1}{p}} \sum_{m=0}^{n} \frac{(-)^m}{(\lambda-m)\,m!} \frac{1}{p^m} + \frac{1}{\Gamma(-\lambda)} p^{-\lambda} e^{\frac{1}{p}} \left| \int_p^\infty p^{\lambda-1} e^{-\frac{1}{p}} dp, \right. \tag{6'}$$

$$2x^{\frac{\lambda}{2}} K_\lambda(2\sqrt{x}) \supset \Gamma(\lambda+1) e^{\frac{1}{p}} \left[\frac{\Gamma(-\lambda)}{p^\lambda} + \sum_{m=0}^{n} \frac{(-)^m}{(\lambda-m)\,m!} \frac{1}{p^m} \right] \tag{7'}$$
$$- \Gamma(\lambda+1) p^{-\lambda} e^{\frac{1}{p}} \left| \int_p^\infty p^{\lambda-1} e^{-\frac{1}{p}} dp, \right.$$

valables pour $\mathcal{R}\lambda \geqq 0$ (n est le plus grand entier $< \mathcal{R}\lambda$).

Pour $\lambda = n$ entier $\geqq 0$, (7') doit être remplacée par

$$(8)\qquad x^{\frac{n}{2}} K_n(2\sqrt{x}) \supset \frac{(-)^n}{2}\left[\operatorname{Log} p + \psi(n+1) + n!\sum_{m=1}^{n} \frac{(-)^m}{m(n-m)!}p^m\right] p^{-n} e^{\frac{1}{p}} - \frac{n!}{2} p^{-n} e^{\frac{1}{p}} \int_p^\infty p^{n-1} e^{\frac{1}{p}}\, dp.$$

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur une propriété de l'application quasi conforme d'une surface de Riemann ouverte.* Note (*) de M. **Albert Pfluger**, présentée par M. Paul Montel.

Si deux surfaces de Riemann ouvertes et simplement connexes sont applicables l'une sur l'autre par une transformation quasi conforme, elles sont du même type (parabolique ou hyperbolique). Je donne ici une généralisation de ce théorème connu. Soient $\mathfrak{f}$ une surface de Riemann ouverte quelconque et $F_0 \subset F_1 \subset \ldots F_n \subset \ldots$ une suite emboîtée de surfaces partielles et compactes, qui engendrent $\mathfrak{f}$. Admettons que la frontière Γ_n de F_n soit formée par une ou plusieurs courbes suffisamment régulières. Considérons la fonction ω_n univoque et harmonique dans le domaine $F_n - F_0$, nulle sur Γ_0 et égale à 1 sur Γ_n. La suite $\omega_n (n = 1, 2, 3, \ldots)$ tend en décroissant ou bien vers la constante 0 ou bien vers une fonction harmonique positive; $\lim_{n \to \infty} \omega_n$ est indépendante de la suite choisie $\{F_n\}$. La classification très importante des surfaces de Riemann ouvertes, qui est due à M. R. Nevanlinna (1) repose sur cette propriété de la suite ω_n : une surface de Riemann est dite de *frontière nulle* lorsque $\omega_n \to 0$; elle est dite de *frontière positive* dans l'autre cas. Les surfaces de *frontière nulle* sont du type parabolique si elles sont simplement connexes.

Théorème. — *Deux surfaces de Riemann ouvertes, qui sont applicables l'une sur l'autre par une transformation quasi conforme, sont en même temps de « frontière nulle » ou de « frontière positive » au sens de Nevanlinna.*

Démonstration. — Soient $\mathfrak{f}$ et $\mathfrak{f}'$ les deux surfaces, P et P' des points correspondants par la transformation quasi conforme. A la suite $\{F_n\}$ correspond alors une suite $\{F'_n\}$, qui engendre $\mathfrak{f}'$. ω_n se transforme en Ω_n défini dans $F'_n - F'_0$ par l'équation $\Omega_n(P') = \omega_n(P)$. Par contre ω'_n désigne la fonction univoque et harmonique dans $F'_n - F'_0$, qui est nulle sur Γ'_0 et égale à 1 sur Γ'_n. La transformation quasi conforme possède par définition la propriété suivante : si z et z' sont des paramètres locaux complexes en P et P', si dz et dz' ainsi que $d\sigma_z$ et $d\sigma_{z'}$, sont des éléments d'arc et de surface correspondants, il existe une constante K telle que

$$\left|\frac{dz}{dz'}\right|^2 < K \frac{d\sigma_z}{d\sigma_{z'}} \quad \text{presque partout.}$$

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) R. Nevanlinna, *Ann. Acad. Sci. Fennicæ*, 1941.

On vérifie facilement que

$$|\operatorname{grad}_{z'}\Omega_n| \leq |\operatorname{grad}_z \omega_n| \left|\frac{dz}{dz'}\right|,$$

d'où résulte, grâce à (1),

$$\int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad}\Omega_n|^2 \, d\sigma < K \int_{F_n - F_0} |\operatorname{grad}\omega_n|^2 \, d\sigma.$$

Or, Ω_n et ω'_n prenant les mêmes valeurs sur la frontière de $F'_n - F'_0$, il suit du principe de Dirichlet que

$$\int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad}\omega'_n|^2 \, d\sigma \leq \int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad}\Omega_n|^2 \, d\sigma.$$

On a donc

$$(2) \qquad \int_{F'_n - F'_0} |\operatorname{grad}\omega'_n|^2 \, d\sigma < K \int_{F_n - F_0} |\operatorname{grad}\omega_n|^2 \, d\sigma \qquad (n = 1, 2, 3, \ldots).$$

Si f est de *frontière nulle*, ω_n ainsi que l'intégrale de Dirichlet correspondante tendent vers zéro si $n \to \infty$. Grâce à (2) les ω'_n tendent aussi vers la constante zéro. La surface f' est donc de *frontière nulle* et le théorème est démontré.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'approximation des fonctions de plusieurs variables au moyen des fonctions polyharmoniques d'ordres croissants*. Note (*) de M. **Pierre Lelong**, présentée par M. Paul Montel.

Cette Note étend aux fonctions de p variables une méthode d'étude donnée par S. Bernstein ([1]) dans le cas où $p = 1$ (approximation d'une fonction par des polynomes). Pour la comparaison, on remarquera qu'une fonction U n-harmonique (solution de l'équation $\Delta^{(n)} U = 0$) se réduit pour $p = 1$ à un polynome de degré $2n - 1$. L'espace des p variables complexes $z_k = x_k + iy_k$ sera désigné par $C^p = R^p \times R'^p$, où $R^p(x_k)$ et $R'^p(y_k)$ sont les espaces à p dimensions réelles; m dans R^p, m' dans R'^p sont les projections d'un point M de C^p.

I. Nous appellerons *cellule d'harmonicité associée au domaine* D de R^p le plus grand domaine H(D) de C^p qui contient D, et dans lequel ne pénètre aucun des cônes de sommet $Q(\zeta_k)$ variable sur la frontière F de D, définis par $r^2(M, Q) = \sum_1^p (z_k - \zeta_k)^2 = 0$. Une fonction polyharmonique dans D est holomorphe dans H(D).

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) *Leçons sur les propriétés extrémales et la meilleure approximation des fonctions analytiques d'une variable réelle*, Paris, 1926, p. 163.

On obtient une construction simple de $H(D)$ dans $C^p = R^p \times R'^p$ en associant à tout point m de D le domaine $D'(m)$ de R'^p dont la frontière résulte de F par la transformation apsidale T_m de centre m, suivie de la translation qui reporte m à l'origine O′ de R'^p. Cette construction simple de la cellule d'harmonicité montre que $D_1 \subset D_2$, entraîne $H(D_1) \subset H(D_2)$ et fournit aussi une borne du diamètre de $H(D)$ dans C^p connaissant celui de D dans R^p.

II. Le théorème suivant peut être rapproché d'un théorème de S. Bernstein relatif aux polynomes bornés sur un segment de l'axe réel.

Théorème 1. — *Soient* K *un compact pris à l'intérieur de la cellule d'harmonicité* $H(D)$, U_n *une fonction n-harmonique dans* D *satisfaisant à*

$$(1) \qquad |U_n(m)| \leq A, \qquad D\, m \in .$$

Il existe un nombre positif τ *ne dépendant que de la position de* K *dans la cellule* $H(D)$ *et tel qu'on ait pour toutes les fonctions polyharmoniques satisfaisant à* (1), *et quel que soit n :*

$$|U_n(M)| \leq A(1+\tau)^{2n+2}\left(n+\frac{p}{2}\right)^p \alpha_p(K)\log n,$$

pour $M \in K$. Le coefficient $\alpha_p(K)$ dépend seulement du nombre de dimensions p et de la position de K dans $H(D)$; pour les applications, il est à noter que le nombre $\tau(K)$ tend vers zéro en même temps que le diamètre de K pour des compacts pris dans un domaine fixe intérieur à $H(D)$.

Soit D_α l'ensemble des points de D à distance au moins égale à α de la frontière de D. Le théorème 1 entraîne ([2]) :

Si une fonction $f(x_1, x_2, x_3, \ldots, x_p)$ *est dérivable dans* D *jusqu'à l'ordre* $2n$ *compris, et y satisfait à* $|f| \leq m_0$ *et* $|\Delta^{(n)} f| \leq m_n$, *toute dérivée partielle de* f, *d'ordre total* $k \leq 2n-1$ *est bornée, sur* D_α, *en valeur absolue, par un nombre qui ne dépend que de* D, α, m_0, m_n.

En particulier, la classe des fonctions indéfiniment dérivables satisfaisant, pour tout n entier, à $|\Delta^{(n)} f| \leq m_n$ sur D, a ses dérivées de tous ordres majorées sur D_α en fonction de la suite m_n.

III. Le théorème 1 conduit à une définition de classes quasi analytiques de fonctions dans un domaine quelconque de R^p, selon le procédé de S. Bernstein : n_k étant une suite d'entiers, ρ un nombre positif inférieur à 1, on dira que $f(m)$ appartient à la classe $\{n_k, \rho\}$ si tout point de D est intérieur à un domaine $\delta^{(l)}$ dans lequel est définie une suite U_k^l de fonctions polyharmoniques, U_k^l étant n_k-harmonique et telle que

$$|f - U_k^{(l)}| \leq A\rho^{n_k} \qquad \text{dans} \quad \delta^{(l)},$$

La classe $\{n_0 k, \rho\}$ est analytique dans D. Plus généralement, on a :

([2]) Pour $p = 2$, $n = 1$, *cf.* T. Carleman, *Les fonctions quasi analytiques*, Paris, 1926, p. 13.

THÉORÈME 2. — *La condition nécessaire et suffisante pour que $f(m)$ soit analytique dans D est qu'il existe une suite d'entiers n_k et de nombres $\rho_k (0 \leq \rho_k < 1)$ avec*

$$\lim\sup(\rho_k)^{\frac{n_{k-1}}{n_k}} \leq 1 - \alpha < 1,$$

tout point m de D ayant un voisinage $\omega^{(i)}$ dans lequel est définie une suite $U_k^{(i)}(m)$, $U_k^{(i)}$ étant n_k-harmonique, qui satisfait à

$$|f - U_k^{(i)}| \leq A\rho_k^{n_k}.$$

Le théorème 2 donne une précision sur le domaine d'holomorphie de f : par exemple, si chaque point m de D est centre d'une sphère de rayon a contenue dans $\omega^{(i)}$, f est holomorphe dans le domaine balayé par les sphères S^{2p} de R^{2p} centrées sur D, de rayon $a(k\sqrt{2})^{-1}$, dès que $k > 2$ est assez grand pour qu'on ait $(k-2)(5k)^{-1} > 1 - \alpha$.

Dans le cas général, $\{n_k, \rho\}$ est une classe quasi analytique dans D au sens suivant :

THÉORÈME 3. — *Si f et g appartiennent à la classe $\{n_k, \rho\}$ dans D et coïncident sur un ensemble ouvert intérieur à D, f est identique à g dans D.*

L'ensemble E de détermination d'une fonction de la classe peut être précisé : le théorème 1 montre en effet que si l'on associe aux fonctions polyharmoniques $U_n(m)$ bornées supérieurement en module dans D les fonctions

$$\varphi(M) = \frac{1}{n}\log|U_n(M)|,$$

définies dans H(D), celles-ci y forment une famille de fonctions pluri-sous-harmoniques ([3]) bornées supérieurement. On en déduit que :

Pour que E soit un ensemble de détermination pour les fonctions de la classe $\{n_k, \rho\}$, il suffit qu'il possède par rapport aux fonctions $\varphi(m)$ pluri-sous-harmoniques définies dans un voisinage de E la propriété suivante : si $\alpha = \max_{m \in E} \varphi(m)$, l'inégalité $\varphi(m) < \alpha + \varepsilon$ définit pour tout ε positif un ensemble ouvert ([4]).

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un critère de normalité pour les familles de fonctions algébroïdes.* Note de M. **Jean Combes**, présentée par M. Paul Montel.

L'objet de cette Note est d'appliquer la méthode des familles normales à l'étude des valeurs prises par les algébroïdes entières et d'étendre ainsi les

---

([3]) *Cf.* P. LELONG, *Ann. Éc. Norm. sup.*, **62**, 1945, p. 301.

([4]) Pour $p = 1$ on retrouve les ensembles de capacité positive sur la droite. *Cf.* P. LELONG, *Comptes rendus*, **224**, 1947, 883.

résultats déjà obtenus pour les algébroïdes de la forme

$$u = \sqrt[m]{\mathrm{E}(z)} \quad (^1).$$

La méthode employée ne s'appliquera qu'aux algébroïdes dont *la surface de Riemann* satisfait à certaines conditions.

Nous considérerons des suites de fonctions qui, non seulement convergent vers une fonction limite, mais encore dont les surfaces de Riemann tendent vers une surface limite.

Pour définir la convergence de fonctions à m déterminations, on peut, soit employer les coefficients des équations qui les définissent, soit opérer directement comme suit.

Définition. — *Étant donnés deux systèmes de m nombres complexes,* $v(v_1, v_2, \ldots, v_m)$ *et* $w(w_1, w_2, \ldots, w_m)$, *l'ordre des* v_i *ou* w_j *n'important pas, on appelle distance de ces systèmes*

$$(v, w) = \Sigma\,|v_i - w_j|,$$

les indices i étant associés aux indices j de manière à donner au second membre sa valeur minimum.

On vérifie que (v, w) est bien une distance, et l'on peut définir pour des fonctions à m branches la continuité, l'égale et l'uniforme continuité, la convergence....

Pour des algébroïdes méromorphes on prendrait sur la sphère de Riemann des distances cordales $|v_i - w_j|$.

Théorème. — *Les algébroïdes à m branches, méromorphes dans un domaine* D *borné, n'y prenant pas trois valeurs a, b et c, et dont les points de ramification sont à une distance supérieure à* $d > 0$, *forment une famille normale.*

De toute suite infinie, on peut extraire une suite de fonctions dont les surfaces de Riemann tendent vers une surface limite, et qui tendent uniformément vers une algébroïde, uniforme sur la surface limite.

Par extractions successives, on assure d'abord la convergence des surfaces de Riemann, puis on fait une étude locale.

Remarque. — Si pour chaque surface de Riemann les m feuillets communiquent *à l'intérieur de* D (en ne tenant compte que des points de ramification situés à une distance supérieure à $d' > 0$ de la frontière), il en sera de même pour la surface limite.

Dans ce cas, les m branches de la fonction limite seront bornées, ou seront la constante infinie.

Application. — Théorème : *Soit* $u = f(z)$ *une algébroïde entière dont la surface de Riemann a la propriété suivante : il existe une infinité de couronnes* $\mathrm{C}_n(\mathrm{R}_n, \sigma\mathrm{R}_n)$ $(\sigma > 1)$ $(\mathrm{R}_n \to \infty)$ *où les points de ramification sont à une*

---

(1) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 379-381.

distance supérieure à $\delta R_n (\delta > 0)$ et où les m feuillets communiquent intérieurement (en ne tenant compte que des points de ramification situés à une distance supérieure à $\delta' R_n (\delta' > 0)$ de la frontière).

Dans ces conditions, $f(z)$ admet au plus une valeur exceptionnelle finie.

On ramène par homothétie à une couronne unique et l'on applique le théorème précédent.

Remarque. — Les cas de zéro ou d'une valeur exceptionnelle peuvent effectivement se présenter.

Zéro valeur : on prendra $u = \sqrt{E(z)}$, où $E(z)$ est une fonction entière sans valeur exceptionnelle dont les zéros vérifient la propriété de l'énoncé.

Une valeur : Myrberg a montré [2] l'existence de fonctions entières A et B vérifiant $A^2 - B^2 E = D$, E et D étant des fonctions entières données, E à coefficients et zéros réels. On prendra $u = A + B\sqrt{E}$, avec $D = 1$, les zéros de E vérifiant les conditions de l'énoncé.

Cercles de remplissage. — Dans les hypothèses du théorème précédent la famille des fonctions qu'on doit étudier dans C_1 peut-elle être normale ?

Voici deux cas où il ne peut en être ainsi :

1° il y a une valeur exceptionnelle a [on utilise $v = 1/(u - a)$];

2° l'ensemble des couronnes C_n recouvre tout le plan z [dans ce cas $u = f(z)$ tendrait uniformément vers l'infini avec z, ce qui est impossible].

Dans ces deux cas, il existe donc des cercles de remplissage, vus de l'origine sous le même angle arbitrairement petit, où u prend toute valeur, sauf une au plus. Il existe par suite des directions de Julia.

Algébroïdes méromorphes. — Avec les hypothèses du théorème, il existe au plus deux valeurs exceptionnelles finies.

S'il y en a deux, ou bien s'il y en a une et si l'ensemble des couronnes C_n recouvre tout le plan z, il existe des cercles de remplissage et des directions de Julia.

CALCUL NUMÉRIQUE. — *Sur la précision des solutions approchées d'un système d'équations linéaires.* Note (*) de M. **Louis Couffignal**, présentée par M. Joseph Pérès.

1. La solution d'un système d'équations linéaires

$$\sum_i a_i^j x_i + b_j = 0 \tag{1}$$

---

(2) P. J. Myrberg, *Acta Mathematica*, 76, 3-4, 1945, p. 223.

(*) Séance du 28 juin 1948.

peut s'écrire

$$(2) \qquad x_i = \sum_j \alpha_j^i b_j,$$

α_j^i étant l'élément correspondant à a_i^j dans le conjugué réciproque du déterminant $|a_i^j|$ ([1]).

2. Quand on connaît seulement des valeurs approchées des nombres a et b, le système effectivement résolu est

$$(3) \qquad \sum_i (a_i^j + \Delta a_i^j) x_i + (b_j + \Delta b_j) = 0,$$

les solutions obtenues ξ_i sont des valeurs approchées des x_i : $\xi_i = x_i + \Delta x_i$, et, par suite des chiffres négligés dans l'exécution des calculs, la substitution des ξ_i aux x_i dans l'équation (3) donne un résidu

$$(4) \qquad r_j = \sum_i (a_i^j + \Delta a_i^j) \xi_i + (b_j + \Delta b_j).$$

Ces mêmes racines approchées donnent dans l'équation (1) un résidu

$$(5) \qquad R_j = \Sigma a_i^j \xi_i + b_j.$$

De (4) et (5), il résulte

$$(6) \qquad R_j = -\sum_i \xi_i \Delta a_i^j - \Delta b_j + r_j.$$

De (3) et (4), il résulte

$$(7) \qquad \Sigma (a_i^j + \Delta a_i^j) \Delta x_i - r_j = 0;$$

on peut déterminer les Δx_i comme solutions de l'équation effectivement donnée (3), où les constantes sont remplacées par les opposés des résidus. Les solutions ξ_i diminuées des corrections $\Delta \xi_i$ ainsi calculées deviennent de nouvelles solutions approchées ξ_i', qui donnent dans les équations (3) et (1) des résidus r_j' et R_j'. D'après la relation (2) et la forme linéaire des équations, $r_j'/r_j \sim r_j/b_j$. Par suite, si l'on itère la correction précédente, en utilisant un nombre de figures suffisamment élevé, on atteint des résidus r_j négligeables par rapport aux R_j correspondants.

Or, si l'on connaissait la valeur des R_j, le raisonnement précédent montre qu'il y aurait lieu d'appliquer à ξ_i une correction

$$(8) \qquad \Delta x_i = -\sum_j \alpha_j^i R_j.$$

Dans l'ignorance des R_j, les Δx_i évaluent l'erreur commise sur les racines. Leur

---

([1]) Pour le calcul des α, *voir* : L. Couffignal, *Rev. Scientif.*, 3244.

expression étant linéaire en R_j, qui sont eux-mêmes linéaires en Δb_j et r_j, *l'erreur provenant de l'exécution des calculs,* $\sum_j \alpha_j^i r_j$, *est négligeable dès que les résidus* r_j *sont négligeables devant les erreurs des constantes* b_j.

3. Désignons, dans ce qui suit, par α_j^i les coefficients relatifs à l'équation réelle (3), et non plus à l'équation (1), et par ξ_i et r_j les solutions et les résidus obtenus après les calculs qui rendent négligeable l'erreur due aux calculs. Nous avons, d'après (6) et (8)

$$\Delta x_i = \sum_\lambda \sum_\mu \xi_\lambda \alpha_\mu^i \Delta a_\lambda^\mu + \sum_\mu \alpha_\mu^i \Delta b_\mu - \sum_\mu \alpha_\mu^i r_\mu. \tag{9}$$

Cette formule met en évidence le résultat suivant :

Si dans un système d'équations linéaires $\sum_i a_j^i x_i + b_j = 0$, *le coefficient* a_λ^μ *varie de* Δa_λ^μ, *la racine* x_i *varie de* $\xi_\lambda \alpha_\mu^i \Delta a_\lambda^\mu$, *et si la constante* b_μ *varie de* Δb_μ, *la racine* x_i *varie de* $\alpha_i^\mu \Delta b_\mu$, *les* ξ *étant les valeurs des racines, et les* α_j^i *les éléments correspondant aux* a_i^j *dans le conjugué réciproque du déterminant* $|a_i^j|$.

Si l'on suppose nulles les erreurs dues aux calculs, les ξ_λ sont remplacés par les valeurs exactes des racines x_λ, et les α_j^i sont ceux de l'équation (1) : l'équation (9) exprime alors la variation de la racine x_i

$$\delta x_i = \sum_\lambda \sum_\mu x_\lambda \alpha_\mu^i \delta a_\lambda^\mu + \sum_\mu \alpha_\mu^i \delta b_\mu. \tag{10}$$

4. Si l'on connaît seulement une limite supérieure des erreurs Δa_i^j et Δb_j, les signes de ces nombres, tous indépendants, peuvent être tels que tous les termes de la somme au second membre de (9) soient positifs. Donc :

Si les données a_i^j *et* b_j *admettent des marges* $\mathfrak{M} a_i^j$ *et* $\mathfrak{M} b_j$, *les racines ont pour marges les nombres*

$$\mathfrak{M} x_i = \sum_\lambda \sum_\mu |\xi_\lambda| \, |\alpha_\mu^i| \, \mathfrak{M} a_\lambda^\mu + \sum_\mu |\alpha_\mu^i| \, \mathfrak{M} b_\mu, \tag{10'}$$

les erreurs des calculs étant rendues négligeables.

Ces marges sont les plus petites que l'on puisse définir.

GÉOMÉTRIE. — *Sur la géométrie intégrale du contour gauche.* Note (*) de M. **Gustave Guillaumin**, présentée par M. Élie Cartan.

Une Note récente et substantielle de M. Eugène Cotton ([1]) m'engage à donner quelques indications sur un ouvrage actuellement à l'impression, écrit

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 171.

en collaboration avec M. André Bloch, et intitulé *La géométrie intégrale du contour gauche*; cet ouvrage traite d'un certain nombre de questions analogues à celle abordée aux trois premiers paragraphes de la Note précitée.

Le point de départ de la géométrie intégrale du contour gauche est l'étude des intégrales du type

$$\int x_1^{\alpha_1} x_2^{\alpha_2} x_3^{\alpha_3} \lambda^i \, dx_i \qquad (i = 1, 2, 3),$$

où les α sont des entiers positifs ou nuls, les λ des constantes, l'intégrale étant étendue au contour. En approfondissant cette notion originelle, les auteurs se sont vite aperçus qu'elle était essentiellement dépendante de la géométrie tensorielle, les intégrales du type ci-dessus étant les composantes de *tenseurs caractéristiques* des divers ordres de multiplicité attachés au contour.

Cette géométrie tensorielle peut d'ailleurs être développée, et l'a été effectivement, soit au point de vue de l'affinité, soit dans le cadre de la géométrie métrique; elle s'est révélée, en maint endroit, comme liée à la géométrie des gerbes, des congruences et des complexes de droites. Elle a conduit également, en se plaçant sur un terrain peut-être plus élémentaire mais fort intéressant, à l'étude des volumes coniques et conoïdaux (point de vue affine) et à l'étude des volumes engendrés dans des mouvements généraux ou particuliers (point de vue métrique). Cette dernière question forme la matière d'un chapitre de l'ouvrage, assez longuement développé, qui est comme un hommage à la mémoire de G. Kœnigs, fondateur, après Pappus et Guldin, de cette partie de la théorie.

Le premier tenseur caractéristique est ce que Kœnigs appelait axe aérolaire et pour lequel nous avons adopté le nom de *vecteur-aire*; c'est, en réalité, un être géométrique de nature bivectorielle, qui n'est réductible à un vecteur (axial) que parce qu'on se place dans l'espace à 3 dimensions. Le vecteur-aire a deux définitions géométriques. Il est d'abord le moment du système de vecteurs formé par le contour lui-même, censé orienté. Il est aussi la résultante générale de ce que nous avons appelé le *système vectoriel cinétique*, constitué par l'ensemble des pressions hydrostatiques unitaires appliquées à une portion de surface bilatère s'appuyant au contour. L'idée de ce système, due à M. Hadamard, s'est montrée très féconde et a joué un rôle essentiel dans le mode d'exposition que nous avons adopté en ce qui concerne la théorie de Kœnigs dont il vient d'être question. On peut d'ailleurs trouver, pour le vecteur-aire, diverses représentations mécaniques et physiques dignes de retenir l'attention. Les contours d'aire nulle, c'est-à-dire dont le vecteur-aire est nul, jouissent de propriétés curieuses qui ont été énoncées et étudiées.

Le second tenseur caractéristique du contour gauche, nommé par nous *tenseur de gravité*, est en quelque sorte le support des propriétés de la congruence de gravité attachée au contour, notion de nature affine introduite par l'un de nous dès 1941, et étudiée avec quelque détail dans notre ouvrage.

En géométrie métrique, le tenseur de gravité est réductible à un tenseur du second ordre de multiplicité; sa partie antisymétrique est le moment résultant du système vectoriel cinétique; quant à sa partie symétrique, que nous appelons *tenseur orthaloïde*, son étude géométrique et analytique nous a conduits à nous occuper de la géométrie de certaines surfaces algébriques.

On a eu incidemment à considérer également un certain bivecteur glissant, attaché à la surface décrite par le contour dans un mouvement quelconque (et non plus au volume décrit).

Dans une prochaine Note, je parlerai des généralisations tentées dans diverses directions.

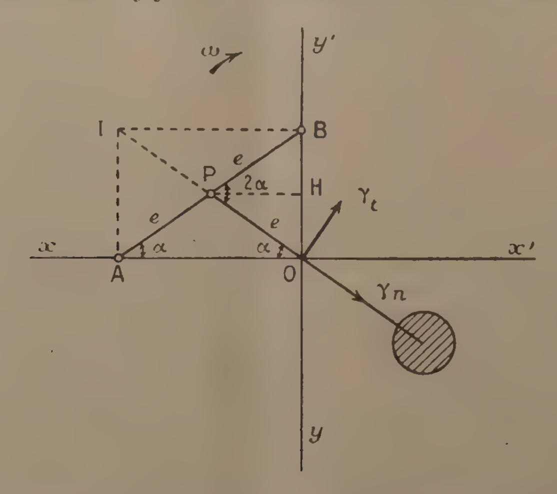
MÉCANIQUE. — *Un transformateur de mouvement à équilibrage intégral.* Note (*) de M. **René Devillers**, présentée par M. Albert Caquot.

M. Sinisterra a conçu et réalisé un mode de transformation de mouvements alternatifs en rotation ou vice versa, avec équilibrage total des forces et couple d'inertie.

L'arbre moteur O entraîne à la vitesse angulaire ω un maneton OP articulé en P au milieu d'une barre AB guidée suivant xx' et yy' par deux glissières en croix, dont l'une est dédoublée pour éviter leur croisement. On a

$$AP = BP = OP = e.$$

Les pistons de moteurs, pompes ou compresseurs, au nombre d'un à quatre, se déplacent suivant xx' et yy' avec leurs bielles articulées en A et B.



La barre AB, de masse m, tourne en sens rétrograde aux vitesses absolue ω et relative 2ω.

(*) Séance du 14 juin 1948.

Son centre de gravité G est à a et b de A et B, et son moment d'inertie est mk^2 par rapport à un axe transversal passant par G.

Elle équivaut à deux masses ponctuelles en A et B, ajoutées aux masses alternatives, ayant même centre de gravité et même masse totale que la barre, avec un couple d'inertie correctif $\Phi_i = -m(ab-k^2)(d\omega/dt)$, nul en rotation uniforme. Généralement $a = b = e$.

Les mouvements alternatifs, harmoniques simples de courses $4e$, sont les projections de celui du centre instantané I parcourant à la vitesse ω un cercle de centre O et de rayon $2e$.

Leurs accélérations ont donc même résultante que les accélérations centripète $\gamma_n = 2e\omega^2$ et tangentielle $\gamma_t = 2e(d\omega/dt)$ du point I, cette dernière étant transportée en O.

Si les masses alternatives sont de même valeur M ou égalisées par une masse ajoutée en A ou B, on les équilibre par un contrepoids de moment $2\text{M}e$ dans le prolongement du maneton. Une surcharge du contrepoids compensera enfin le maneton.

Il ne subsiste alors qu'un couple en $d\omega/dt$ dû aux masses tournantes et à la barre, sans résultante, du fait de la force d'inertie $-\text{M}\gamma_t$ appliquée en O qui forme un couple avec celle du contrepoids correspondant.

On a ainsi un cas digne de remarque d'équilibrage parfait, même avec monocylindre.

La course étant $4e$, encombrement et poids sont réduits, avec une grande diversité d'applications. Les cylindres peuvent être à double effet et permettre un deux-temps à balayage par l'air, avec une pompe d'alimentation par deux cylindres moteurs.

Les réactions latérales des pistons sont reportées sur les glissières qui, avec un léger jeu, ne travaillent qu'alternativement, si les cylindres sont, par exemple, suivant xx'.

Les forces d'inertie se transmettant sans réactions latérales, pour une poussée des gaz F, lorsque l'angle de rotation α est entre 0 et 45° ou entre 135 et 180°, la réaction $\text{F}\,\text{tg}\,\alpha$ est prise en A comme par une bielle. Elle passe ensuite en B en gardant la valeur F, transmise par la barre AB formant levier autour de P.

Le couple moteur est $2\text{F} \times \overline{\text{OH}}$, H étant la projection de P sur yy'.

MÉCANIQUE RATIONNELLE. — *Sur la dynamique du point matériel de masse variable.* Note de M. **Giovanni Lampariello**, présentée par M. Jean Chazy.

1. Lorsque la masse d'un corps (point matériel) en mouvement varie à cause du détachement ou de l'adjonction de corpuscules, l'équation dynamique fondamentale est, d'après Levi-Civita,

$$\frac{d}{dt}(m\overline{\text{V}}) - \frac{dm}{dt}\overline{v} = \overline{\mathcal{F}}, \tag{1}$$

où $\bar{v}$ est la vitesse du centre des masses des corpuscules, $\overline{V}$ est la vitesse du point P, m et $\overline{\mathcal{F}}$ la force agissant sur P. Si l'on remarque qu'au premier membre de (1) figure la différence entre la quantité de mouvement $(m+dm)(\overline{V}+\overline{dV})-\bar{v}dm$ du point P à l'instant $t+dt$ et la quantité de mouvement $\overline{mV}$ à l'instant t, on voit bien que (1) est la traduction fidèle de la fameuse loi de Newton : *Mutationem motus* (variation de la quantité de mouvement) *proportionalem esse vi motrici impressae et fieri secundum lineam rectam qua vis illa imprimitur.*

2. Je me propose de développer ici une application de (1) au problème de la fusée qui a été étudié par plusieurs auteurs ([1]).

Il est bien connu que la propulsion de la fusée est réalisée par l'expulsion d'un gaz dont la vitesse de décharge $\bar{v}$ est supposée constante (en module). Je suppose aussi que la masse m de la fusée soit une fonction linéaire du temps $m=m_0-\mu t$. En désignant par O le centre de la Terre et en négligeant les forces d'inertie dues à la rotation terrestre, on a l'équation

$$\frac{d}{d\tau}\left(\tau\frac{\overline{dP}}{d\tau}\right)+\bar{v}=-\frac{K\tau}{r^3}\overline{OP},$$

où K est le produit de la constante de gravitation f par la masse M de la Terre, et où la variable indépendante $\tau=m/\mu$ est liée à t par la relation $\tau=\tau_0-t$.

Il est évident que les mouvements de P ont lieu dans les plans passant par O. Si le moment en O de la vitesse initiale $\overline{V}_0$ est nul, le mouvement est rectiligne.

3. Je vais fixer les idées sur ce cas particulier en supposant de plus $\overline{V}_0=0$, et je prends la droite du mouvement pour axe des x. Le problème est de caractériser la solution $x(\tau)$ de l'équation (E)

$$\frac{d}{d\tau}\left(\tau\frac{dx}{d\tau}\right)=v-\frac{K\tau}{x^2},$$

telle que $x(\tau_0)=x_0=R$, rayon de la Terre, $(dx/d\tau)_0=0$.

En désignant par $f(\tau, x)$ le second membre de (E), on peut intégrer cette équation par la méthode d'itération de Picard. On a

$$x_n=R+\int_{\tau_0}^{\tau}\frac{d\tau}{\tau}\int_{\tau_0}^{\tau}f(\tau, x_{n-1})\,d\tau,$$

et la solution cherchée est représentée par la série

$$x(\tau)=R+\sum_{1}^{\infty}{}_{n}(x_n-x_{n-1}),$$

qui est uniformément convergente dans un intervalle $(0, h)$ de variation de t.

([1]) Notamment ROBERT GENTY, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 1510 et 1797.

Pour $n=1$, en remarquant que le rapport K/R^2 est l'accélération gravitationnelle g, on a

$$V=\frac{\beta}{\tau_0-t}\,t\left[t-\left(\tau_0-\frac{\alpha}{\beta}\right)\right],$$

$$x_1(t)=R-\alpha t-\frac{1}{2}\beta t^2-\alpha\tau_0\log\frac{\tau_0-t}{\tau_0}=R+\frac{1}{2}\left(\frac{v}{\tau_0}-g\right)t^2+\frac{\alpha}{3\tau_0^2}t^3+\ldots,$$

ayant posé $\alpha=v-(1/2)g\tau_0$, $\beta=(1/2)g$.

La condition initiale de décharge du gaz est évidemment $\mu v>m_0 g$, c'est-à-dire $(v/\tau_0)-g>0$. On a alors $\tau_0-(\alpha/\beta)<0$, et l'on déduit que la vitesse V est toujours positive pour $0<t<\tau_0$; donc la fonction $x_1(t)$ croît constamment de la valeur zéro pour $t=0$ à la valeur infinie pour $t\to\tau_0$.

Il n'y a pas de difficulté à calculer par des séries les fonctions successives x_2, x_3, etc. L'expression $x_1(t)$ suffit pour des valeurs de t suffisamment petites.

RÉSISTANCE DES MATÉRIAUX. — *Sur une nouvelle méthode de détermination de la dissipation d'énergie par frottement interne dans les corps solides.* Note (*) de M. **Paul Le Rolland**, présentée par M. Albert Caquot.

Mécaniciens et métallurgistes sont aujourd'hui d'accord pour reconnaître l'importance du rôle joué par une propriété, d'ailleurs encore mal connue, des matériaux solides : leur frottement interne (ou hystérésis mécanique), dans de nombreux domaines : phénomènes de résonance, fatigue des métaux, pertes diélectriques, anomalies de structure, etc.

Cette propriété est mise en évidence de façon directe par l'amortissement des oscillations. D'où la notion de *capacité d'amortissement* et celle, plus précise, de *perte spécifique d'énergie* dont la définition est intuitive et simple : c'est le rapport $k=\Delta W/W$ de l'énergie dissipée par cycle de déformation, à l'énergie potentielle maxima mise en jeu dans ce cycle.

Depuis Coulomb, c'est surtout l'observation de décroissance des oscillations de torsion qui est utilisée pour la détermination de la dissipation d'énergie par le frottement intérieur. Mais cette méthode, qui fait intervenir les vibrations propres, est nécessairement limitée à l'étude de fils ou de tiges peu rigides (micropendule de torsion de Chévenard par exemple).

L'utilisation des vibrations forcées donne de plus grandes possibilités et est beaucoup plus souple. Imaginons que le corps élastique à étudier soit mis en relation avec deux systèmes oscillants identiques, de période T. Ce sera, par exemple, une tige cylindrique encastrée à la partie inférieure et portant à l'autre extrémité une plate-forme servant de support commun à deux pendules de gravité.

Lançons ces deux pendules exactement en sens contraire et sous la même

(*) Séance du 28 juin 1948.

amplitude : ils restent en opposition de phase, et comme la tige n'a aucun mouvement, le décrément commun δ_1 de leur oscillation n'est dû qu'à leur amortissement propre (résistance de l'air et frottement du couteau sur le support).

Si maintenant nous mettons les pendules en mouvement dans le même sens et sous la même amplitude, ils sont constamment en accord de phase et la tige effectue des oscillations forcées de flexion : le frottement intérieur intervient alors pour dissiper une partie de l'énergie des pendules, et à leur amortissement propre vient s'ajouter celui qui est dû à cette dissipation.

Soit δ_2 le nouveau décrément observé; il est clair que la différence $\delta = \delta_1 - \delta_2$ représente la variation relative d'amplitude d'une oscillation à l'autre, sous le seul effet du frottement interne de la tige. La détermination de δ permet d'atteindre immédiatement k, *perte spécifique d'énergie*. En effet la variation relative d'énergie de l'un des pendules $\Delta W'/W'$ due au frotttement interne, est égale à 2δ, et l'on peut écrire

$$k = \frac{\Delta W}{W} = 2\frac{\Delta W'}{W'} = 4\delta\frac{W'}{W}.$$

Mais le rapport W'/W de l'énergie d'un des pendules à l'énergie élastique de la tige dépend évidemment de la rigidité de flexion de cette dernière. Or, nous avons montré dans une Note précédente [1], que la durée τ des battements entre les deux pendules, lorsque l'un d'eux partant du repos est mis en mouvement par le lancement de l'autre, est en rapport direct avec cette rigidité, et par suite avec le rapport W'/W.

Un calcul très simple conduit au résultat suivant :

$$\frac{W'}{W} = \frac{1}{4}\frac{\tau}{T} = N,$$

N étant le nombre d'oscillations des pendules entre deux arrêts successifs de l'un d'eux. Finalement :

$$k = \delta N = (\delta_1 - \delta_2)\,N.$$

Cette relation peut d'ailleurs se justifier immédiatement à l'aide des deux remarques suivantes : d'une part, dans l'expérience des battements, toute l'énergie W' de l'un des pendules est transférée à l'autre dans le temps $\tau/2$ à raison de la quantité $2W_1$ par période T; d'autre part, l'énergie potentielle maxima W_1, de la tige dans cette même expérience, est pour la même amplitude de lancement, 4 fois plus petite que l'énergie W' prise par la tige dans l'expérience où les pendules sont au synchronisme.

La détermination de k nécessite donc 3 observations :

1° celle du décrément δ_1 de l'un des pendules quand ils sont lancés en opposition de phase;

---

(1) *Comptes rendus*, **192**, 1931, p. 336.

2° celle du décrément δ_2 de l'un des pendules quand ils sont lancés en phase;

3° celle du nombre N d'oscillations qui sépare deux arrêts successifs d'un des pendules quand on lance l'un d'eux alors que l'autre est au repos.

On peut se demander s'il est bien indispensable d'utiliser deux pendules. En effet, en immobilisant la tige on peut obtenir δ_1 et en la libérant on peut obtenir δ_2 avec un seul pendule. Mais la connaissance de la rigidité reste nécessaire, et la méthode à la fois la plus précise et la plus rapide pour la déterminer est certainement celle des pendules couplés.

De nombreux essais, effectués dans les conditions expérimentales les plus variées, nous ont montré que δ variait en sens inverse de N pour des tiges de même nature et de dimensions quelconques. C'est, du moins dans le domaine des périodes utilisées (de 0,2 à 5 secondes), la démonstration de l'existence d'une *perte spécifique d'énergie* caractéristique de la matière et indépendante de la vitesse de parcours de cycles de déformation.

La méthode que nous venons de décrire est applicable, et c'est là son avantage principal, à tous les matériaux, pris sous forme de fils, de tiges, de barres ou de plaques. Elle est tout à fait générale et peut être utilisée à la détermination des jeux, des frottements anormaux, de toute cause de dissipation d'énergie dans un ouvrage quelconque.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les formes bilinéaires du champ de Maxwell.* Note (*) de M. **Jean G. Valatin**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations de Maxwell décrivant la variation des champs électrique et magnétique E et H dans le vide peuvent être écrites sous une forme opératorielle [1], [2]. Cette forme opératorielle permet d'étudier quelques propriétés du champ de Maxwell, lorsqu'on tient compte des solutions complexes des équations et de la propriété simple des composantes du champ de se transformer comme celles d'un tenseur antisymétrique $\Phi = (i\mathrm{E}, \mathrm{H})$ de l'espace à 4 dimensions.

En utilisant pour $\Phi = (i\mathrm{E}, \mathrm{H})$ les notations d'un espace à 2×3 dimensions nous introduisons les opérateurs de l'espace à 3 dimensions

$$(1)\quad \sigma_x = \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -i \\ 0 & +i & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_y = \begin{pmatrix} 0 & 0 & +i \\ 0 & 0 & 0 \\ -i & 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad \sigma_z = \begin{pmatrix} 0 & -i & 0 \\ +i & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix},$$

avec les relations connues [2], [3]

$$\sigma_x^3 = \sigma_x, \quad \sigma_x\sigma_y^2 + \sigma_y^2\sigma_x = \sigma_x, \quad \sigma_x\sigma_y\sigma_z + \sigma_z\sigma_y\sigma_x = 0, \quad \sigma_x\sigma_y - \sigma_y\sigma_x = i\sigma_z, \quad \text{etc.},$$

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) C. G. Darwin, *Proc. Roy. Soc.*, A, 136, 1932, p. 36.

(2) G. Petiau, *Comptes rendus*, 204, 1937, p. 1710.

(3) W. Heitler, *Proc. Roy. Irish Ac.*, A, 49, 1943, p. 1.

et les opérateurs de l'espace à 2 dimensions

$$(2)\qquad \varepsilon=\begin{pmatrix} 0 & -1 \\ -1 & 0 \end{pmatrix},\qquad \alpha=\begin{pmatrix} 0 & -i \\ +i & 0 \end{pmatrix},\qquad \eta=\begin{pmatrix} +1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}$$

avec les relations $\varepsilon^2=1$, $\alpha\eta=-\eta\alpha=i\varepsilon$, etc. Les opérateurs de l'espace à 2×3 dimensions résultent de la composition des matrices (1) et (2), et dans ce qui suit, σ_x, σ_y, σ_z, ε, α, η sont considérés comme résultant de (1) et (2) par composition avec la matrice unité des espaces à 2 et à 3 dimensions.

Les équations d'évolution de Maxwell

$$(3)\qquad \frac{\partial \mathrm{E}}{\partial t}=c\,\mathrm{rot}\,\mathrm{H},\qquad \frac{\partial \mathrm{H}}{\partial t}=-c\,\mathrm{rot}\,\mathrm{E}$$

s'écrivent sous la forme

$$(3a)\qquad i\frac{\partial}{\partial t}\Phi=c\,\mathrm{rot}\,\varepsilon\Phi=c\frac{1}{i}\left(\frac{\partial}{\partial x}\sigma_x\varepsilon+\frac{\partial}{\partial y}\sigma_y\varepsilon+\frac{\partial}{\partial z}\sigma_z\varepsilon\right)\Phi.$$

Les composantes de Φ doivent satisfaire aux équations de condition

$$(3b)\qquad \mathrm{div}\,\mathrm{E}=\mathrm{div}\,\mathrm{H}=0.$$

Les expressions bilinéaires indépendantes en Φ^*, Φ du champ de Maxwell sont données dans le tableau suivant :

(4a)	$\Phi^*\Phi$	(5a)	$\Phi^*\varepsilon\Phi$
(4b)	$\Phi^*\sigma_x\varepsilon\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\varepsilon\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\varepsilon\Phi$	(5b)	$\Phi^*\sigma_x\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\Phi$
(4c)	$\Phi^*(2\sigma_x^2-\mathrm{I})\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2-\mathrm{I})\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2-\mathrm{I})\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y+\sigma_y\sigma_x)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z+\sigma_z\sigma_y)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x+\sigma_x\sigma_z)\Phi$	(5c)	$\Phi^*(2\sigma_x^2\varepsilon-\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2\varepsilon-\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2\varepsilon-\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y\varepsilon+\sigma_y\sigma_x\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z\varepsilon+\sigma_z\sigma_y\varepsilon)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x\varepsilon+\sigma_x\sigma_z\varepsilon)\Phi$
(6)	$\Phi^*\eta\Phi$	(7)	$\Phi^*\alpha\Phi$
(8a)	$\Phi^*\sigma_x\eta\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\eta\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\eta\Phi$	(8b)	$\Phi^*\sigma_x\alpha\Phi$ $\Phi^*\sigma_y\alpha\Phi$ $\Phi^*\sigma_z\alpha\Phi$
(9a)	$\Phi^*(2\sigma_x^2\eta-\eta)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2\eta-\eta)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2\eta-\eta)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y\eta+\sigma_y\sigma_x\eta)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z\eta+\sigma_z\sigma_y\eta)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x\eta+\sigma_x\sigma_z\eta)\Phi$	(9b)	$\Phi^*(2\sigma_x^2\alpha-\alpha)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_y^2\alpha-\alpha)\Phi$ $\Phi^*(2\sigma_z^2\alpha-\alpha)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_x\sigma_y\alpha+\sigma_y\sigma_x\alpha)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_y\sigma_z\alpha+\sigma_z\sigma_y\alpha)\Phi$ $\Phi^*(\sigma_z\sigma_x\alpha+\sigma_x\sigma_z\alpha)\Phi$

On a les relations

$$(4d)\qquad \frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\Phi = -c\,\mathrm{div}\,\Phi^*\sigma\varepsilon\Phi, \qquad \frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\sigma\varepsilon\Phi = -c\,\mathrm{div}\,\Phi^*\mathrm{T}\Phi,$$

$$(5d)\qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\varepsilon\Phi = -\mathrm{div}\,\Phi^*\sigma\Phi, \qquad \frac{1}{c}\frac{\partial}{\partial t}\Phi^*\sigma\Phi = -\mathrm{div}\,\Phi^*\mathrm{T}\varepsilon\Phi.$$

Les expressions (4) correspondent aux composantes du tenseur énergie-quantité du mouvement dans le cas des fonctions réelles, (4 *a*) à la densité d'énergie, (4*b*) au vecteur de Pointing, $\Phi^*\sigma\varepsilon\Phi = [E^*, H] + [E, H^*]$, (4*c*) au tenseur maxwellien. Dans (4*d*) nous avons écrit symboliquement σ pour les opérateurs de (4*b*) et T pour les opérateurs du tenseur symétrique (4*c*).

Par rapport aux rotations de l'espace à 3 dimensions (5*a*) est invariant, (5*b*) donne les composantes d'un vecteur, (5*c*) les composantes d'un tenseur symétrique. Par rapport aux transformations de Lorentz les expressions (5) sont les composantes d'un pseudo-tenseur du second rang de l'espace à 4 dimensions. Dans le cas des solutions réelles des équations de Maxwell les expressions (5) sont identiquement nulles, tandis qu'avec des fonctions complexes elles caractérisent l'état de polarisation des ondes.

L'expression (6) est un invariant relativiste, l'expression (7) est un pseudo-invariant, correspondant respectivement aux quantités $-(H^2-E^2)$ et $-(E.H)$ de la théorie réelle. Les expressions (8*a*) et (8*b*) se transforment comme les composantes de deux vecteurs de l'espace à 3 dimensions et comme les composantes d'un tenseur antisymétrique du second rang de l'espace à 4 dimensions. Avec des fonctions réelles, les expressions (8) sont aussi identiquement nulles. Les expresssions (9*a*) et (9*b*) sont les composantes de deux tenseurs symétriques du second rang de l'espace à 3 dimensions, existant aussi dans le cas réel. Par rapport aux transformations de Lorentz les expressions (9*a*) et (9*b*) se transforment ensemble comme les composantes d'un tenseur du quatrième rang de l'espace à 4 dimensions.

ACOUSTIQUE. — *Sur la vitesse du son dans certains mélanges d'hydrocarbures.* Note de Mlle **Nicole Utter** et M. **Roger Kling**, présentée par M. Jean Cabannes.

Entre le volume molaire V d'un liquide et la vitesse du son *a* dans ce même liquide, M. R. Rao [1] a proposé la relation

$$a^{\frac{1}{3}}\mathrm{V} = \mathrm{R}.$$

La constante R étant une fonction additive de la composition du liquide.

---

[1] *Current Sci.*, 9, 1940, p. 534.

Ainsi dans un mélange à deux constituants la constante du mélange R_{12} serait

$$R_{12} = xR_1 + (1 - x)R_2, \tag{2}$$

x étant la fraction molaire de l'un des constituants.

Nous avons effectué des mesures de vitesse du son sur deux séries de mélanges d'hydrocarbures et nous avons vérifié à 5 % près une loi plus simple exprimant une variation linéaire de la vitesse du son dans le mélange en fonction de la concentration en volume λ de l'un des constituants

$$a = \lambda a_1 + (1 - \lambda)a_2. \tag{3}$$

La vitesse du son a été mesurée par la méthode de diffraction ultrasonore de Lucas et Biquard [1] avec une erreur inférieure au millième, pour des fréquences de 3, 9 et 15 Mc/s. Dans ce domaine aucune dispersion n'a pu être décelée pour les hydrocarbures étudiés.

Dans la première série de mesures, les constituants du mélange étaient de l'hexadécane utilisé pour la détermination des indices de cétane dans les moteurs, purifié par distillation ($t = 285$-287° C. sous la pression atmosphérique normale) et de l'heptane normal pur. Le tableau I donne les valeurs de la vitesse du son a mesurée à la pression atmosphérique et à 17°C. (la constance de la température était contrôlée au 1/100 de degré près); λ représente ici le volume d'heptane par centimètre cube du mélange.

TABLEAU I.

λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.	λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.
0..........	1 418	1 418	0,44........	1 317	1 326
0,32........	1 351	1 351	0,60........	1 292	1 291
0,38........	1 328	1 338	1...........	1 207	1 207

Dans la seconde série de mesures, les constituants du mélange étaient le butylbenzène et le 2.2-diméthylbutane à l'état pur.

Le tableau II donne les résultats de mesures effectuées à la pression atmosphérique et à la température de 15°C. λ représente ici le volume de 2.2-diméthylbutane par centimètre cube du mélange.

TABLEAU II.

λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.	λ.	a m/s valeur mesurée.	a m/s valeur calculée.
0...........	1 386	1 386	0,47........	1 247	1 240
[illegible]........	[illegible]	[illegible]	0,52........	1 214	1 225
[illegible]........	[illegible]	1 373	0,57........	1 207	1 210
[illegible]........	1 356	1 358	1...........	1 077	1 077

---

(1) BIQUARD, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 117; LUCAS, *Comptes rendus*, **202**, 1936, p. 1165; LUCAS et BIQUARD, *J. Phys. et Rad.*, **3**, 1932, p. 464.

D'autre part, Rao [3] indique, comme autre propriété de la constante R que, pour un corps pur elle serait une fonction additive de la composition chimique, indépendante de la position des divers groupements à l'intérieur de la molécule.

Nous avons constaté que cette règle se trouve en défaut pour le diméthylbutane puisque la vitesse du son dans cet hydrocarbure diffère d'une quantité supérieure aux erreurs de mesure suivant la position du groupement CH_3, ainsi qu'il résulte du tableau III.

TABLEAU III.

```
                                                        a m/s
               Hydrocarbure.                      p = 1atm 17°C.
                              H   CH3  H   H
                              |   |    |   |
2.2-diméthylbutane      H—C—C——C—C—H             1 068
                              |   |    |   |
                              H   CH3  H   H

                              H   H    H     H
                              |   |    |     |
2.3-diméthylbutane      H—C—C——C——C—H            1 063
                              |   |    |     |
                              H   CH3  CH3   H
```

Ce dernier résultat peut d'ailleurs se rapprocher des observations de Parthasaraty [4] qui a trouvé que dans le cas d'une cétone ou d'un alcool comportant des groupements méthyl substitués sur un noyau benzénique, c'est le composé ortho qui donne la vitesse du son la plus élevée.

Dans les deux hydrocarbures précités, 2.2 et 2.3 dimétylbutane, les mesures ont été effectuées pour sept fréquences comprises entre 1 et 15 Mc/s sans qu'aucune dispersion n'ait été décelée.

CHALEUR. — *Théorie continue et théorie moléculaire des phénomènes thermocinétiques.* Note de M. **Pierre Vernotte**, présentée par M. Aimé Cotton.

La théorie continue de la thermocinétique, qui s'exprime par des équations différentielles, prévoit flux de chaleur infini, vitesse de progression d'un signal thermique infinie à l'origine, apparition instantanée du signal même à grande distance, conséquences que l'interprétation moléculaire des mouvements de la chaleur repousse comme non-sens. Précisons ces différents points.

Un milieu illimité vers les $x > 0$ étant initialement froid, si l'on crée à l'origine des temps une température T_0 sur la face $x = 0$, pour les petites valeurs du temps t le signal T au point x aura l'ampleur

$$T \sim \frac{T_0}{x}\sqrt{\frac{Dt}{\pi}}\, e^{-\frac{x^2}{4Dt}}.$$

---

(3) *J. chem. Phys.*, **9**, 5, 1941, p. 682.

(4) *Proc. Ind. Acad.*, **4**, 1936, p. 59 et 213.

D étant la diffusivité thermique; ce qui s'écrit, en explicitant le paramètre $v = x : 2\sqrt{\mathrm{D}t}$,

$$\mathrm{T} \sim \mathrm{T}_0\, e^{-v^2} : 2v\sqrt{\pi},$$

quantité rapidement décroissante quand v croît. Considérons l'effet perçu comme négligeable quand il vaut le centième de T_0, ce qui correspond à $v = \sqrt{2,9}$. Cela veut dire que le signal, au temps t, aura atteint la distance $x = 3,4\sqrt{\mathrm{D}t}$, et la vitesse moyenne de progression sera $3,4\sqrt{\mathrm{D}/t}$, infinie à l'origine.

Mais une vitesse trop grande ne peut pratiquement se présenter, les vitesses moyennes correspondant aux durées accessibles à l'expérience étant énormément inférieures à la vitesse de propagation des perturbations mécaniques qui est sans doute l'ordre de grandeur des plus hautes vitesses admissibles pour la progression de la chaleur. Dans un métal comme l'aluminium, il faudrait descendre à des temps de l'ordre de 10^{-11} seconde pour que la vitesse moyenne théorique apparût comme absurde, à un temps extrêmement court de 10^{-6} seconde ne correspond que l'infime vitesse moyenne d'une trentaine de mètres/seconde.

Quant à l'apparition instantanée d'une trace de signal à toute distance, l'ampleur en étant prodigieusement faible et pratiquement indécelable au bout d'un temps faible à une distance un peu importante, on pourrait convenir de n'y pas prêter attention, le résultat étant considéré comme dû aux imperfections d'une théorie seulement approximative; de même que l'on accepte cette conséquence de la loi des erreurs, que la probabilité d'un grand écart expérimental est seulement extrêmement faible alors que physiquement elle est rigoureusement nulle.

Reste évidemment la valeur infinie du flux de chaleur lorsque deux milieux de températures différentes sont mis en contact. La difficulté n'existe pas en réalité, parce que la mise en contact n'est jamais parfaite : il subsiste toujours une manière de vernis fluide de résistance thermique non nulle. Existât-elle, on remplacerait les dérivées par rapport aux coordonnées par des différences finies relatives à des mailles ayant pour dimension une sorte de libre parcours moyen. Notons d'ailleurs que le remplacement d'une équation différentielle par une équation aux différences, à des fins purement pratiques de calcul numérique, est un procédé d'intégration approchée fort utilisé aujourd'hui après un long oubli.

On peut donc dire que, malgré ses insuffisances évidentes, la théorie continue permet de traiter pratiquement les problèmes de thermocinétique, sans que puisse être rencontrée de contradiction réelle avec l'expérience.

Nous montrerons ailleurs que la théorie moléculaire ne ferait pas disparaître toute difficulté, et que les paradoxes classiques viennent avant tout d'une stylisation par trop contraire aux réalités physiques.

DÉCHARGE ÉLECTRIQUE. — *Production d'une tension constante par une décharge excitée en haute fréquence.* Note de M[lle] **Madeleine Chenot**, présentée par M. Camille Gutton.

Au cours de recherches sur la décharge en haute fréquence, j'ai mis en évidence un nouvel effet : celui de l'apparition d'une différence de potentiel constante entre deux électrodes en contact avec le gaz ionisé d'une telle décharge.

Le tube à décharge en pyrex est muni, d'une part, de deux électrodes externes cylindriques reliées à une bobine de quelques spires, elle-même couplée à un oscillateur à lampes, et, d'autre part, de deux électrodes internes en aluminium, planes, parallèles, perpendiculaires à son axe. J'ai utilisé successivement trois tubes de diamètres 25, 20 et 25^{mm}, avec des électrodes internes de diamètre 16^{mm}, distantes respectivement de 235, 96 et 100^{mm}. J'ai fait également quelques essais sur un quatrième tube dont les électrodes, en fil de tungstène de diamètre $1^{mm},2$, étaient fixées à la paroi latérale et distantes de 134^{mm}. Un voltmètre à cadre mobile, en série avec des résistances additionnelles convenables, est relié aux électrodes internes.

Dans les premières expériences, la décharge était excitée dans l'hydrogène pur, sous des pressions variant de quelques millièmes à quelques centièmes de millimètre de mercure, sur une fréquence voisine de 100 mégacycles par seconde. Dans la suite, les essais ont porté sur la vapeur de mercure saturante à la température ambiante, avec une fréquence d'excitation plus basse, de l'ordre de 50 mégacycles, pour laquelle les tubes s'allumaient plus facilement. La décharge se présente sous la forme d'une colonne lumineuse de brillance à peu près uniforme, sans contour net, enveloppée d'une nébulosité diffuse.

Si les électrodes externes sont placées sur le tube de façon symétrique par rapport aux électrodes internes, le voltmètre reste au zéro en présence de la décharge; mais, si on les déplace de manière convenable, on peut déformer la colonne lumineuse et obtenir une décharge dont la région brillante s'approche de l'une des électrodes internes à deux ou trois millimètres et reste beaucoup plus éloignée de l'autre; le voltmètre accuse alors une différence de potentiel constante entre les électrodes internes, dont la valeur dépend du degré de dissymétrie de la décharge, de la résistance du circuit du voltmètre et qui croît lorsque l'intensité de l'excitation haute fréquence augmente; avec un potentiel d'entretien en haute fréquence de l'ordre de 600 volts, elle était couramment de 200 à 300 volts et a atteint 480 volts dans des cas particulièrement favorables. Dans le montage simple utilisé, par attaque directe des plaques d'un oscillographe cathodique, on voit qu'il ne s'agit pas d'une tension uniquement redressée, mais bien d'une tension continue, à laquelle se superpose d'ailleurs une tension alternative de haute fréquence. Pour éviter dans les mesures les

difficultés résultant de cette tension alternative dans le circuit du voltmètre, il suffit de shunter les électrodes internes par un condensateur de capacité assez grande. C'est toujours l'électrode dont la décharge brillante est la plus voisine qui fonctionne comme pôle positif du générateur continu ainsi réalisé.

Il est facile de déterminer la caractéristique propre du tube en mesurant à l'aide d'un microampèremètre à cadre mobile l'intensité du courant continu débité par le tube dans une résistance variant de plusieurs mégohms à la résistance du microampèremètre utilisé seul (au minimum 900 ohms avec l'appareil en service); les courants atteignent dans certains cas un milliampère. On en déduit la courbe du courant en fonction de la différence de potentiel entre électrodes. Le tube peut aussi être monté en série ou en opposition avec une batterie d'accumulateurs. En particulier, on peut mesurer la f. é. m. de la batterie montée en opposition pour laquelle le courant débité s'annule et obtenir ainsi la f. é. m. du tube en circuit ouvert. En outre, les valeurs de l'intensité du courant, qui traverse une résistance donnée sous l'action simultanée du tube et d'une batterie variable, permettent de prolonger la caractéristique propre dans des domaines où le courant et la différence de potentiel entre électrodes internes changent de sens par rapport à l'action propre du tube à décharge. Les résultats complexes déjà obtenus dans cette voie feront ailleurs l'objet d'un mémoire plus détaillé.

Il faut remarquer que le passage du courant perturbe la dissymétrie réalisée dans la décharge; la perturbation se traduit, lorsque l'intensité du courant est assez grande, par un déplacement visible de la colonne brillante au moment où l'on ferme le circuit, en sens inverse du sens dans lequel passe le courant. Il convient donc de distinguer un phénomène statique, correspondant à l'apparition d'une tension constante entre les électrodes au contact du gaz ionisé en haute fréquence, et un phénomène dynamique, lié au passage du courant continu à travers le gaz.

Une explication du mécanisme de production de la tension continue aux dépens de l'énergie de haute fréquence fournie au tube n'est pas immédiate. Elle devra évidemment faire appel aux différences de concentration des particules chargées au voisinage des électrodes internes et peut-être à un champ électromoteur de diffusion des particules dans la colonne gazeuse. Le phénomène pourrait avoir des points communs avec le redressement par des tubes à électrodes principales dissymétriques.

D'après des observations anciennes non publiées, il est probable que de tels champs constants jouent un rôle important dans différentes formes de décharges excitées en haute fréquence. Leur considération s'imposera aussi dans l'application de la méthode des sondes de Langmuir à ces décharges.

MAGNÉTISME. — *Aimantation initiale et champ coercitif d'un monocristal de cobalt, suivant les axes de facile et difficile aimantation.* Note de MM. **Charles Guillaud** et **Roger Bertrand**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il était important, pour la connaissance des mécanismes de l'aimantation initiale, d'étudier les propriétés magnétiques de monocristaux ne présentant qu'un axe de facile aimantation, ce qui est le cas du monocristal de cobalt (l'axe sénaire étant de facile aimantation). En faisant l'étude de l'aimantation initiale suivant cet axe et suivant une direction perpendiculaire à celui-ci, nous n'aurons à faire, d'après les hypothèses actuellement admises des domaines élémentaires, qu'à des déplacements de parois à 180° d'une part et à des rotations d'autre part. M. Néel [1], dans une étude théorique des lois d'aimantation de Lord Rayleigh, avait déjà envisagé ces processus élémentaires.

Les mesures ont été effectuées à l'aide d'un magnétomètre astatique. L'échantillon, qui se présente sous la forme d'un cube de 5^{mm} de côté, est placé au centre d'une bobine verticale magnétisante, à l'extrémité d'un support rigide à trois degrés de liberté; sa position est repérable à un demi-degré près. La bobine magnétisante porte également les enroulements nécessaires à la compensation du champ terrestre et à la démagnétisation de l'échantillon. La compensation de l'effet perturbateur de la bobine magnétisante, réalisée à l'origine par une bobine auxiliaire, est étendue à toute l'échelle par des formules de correction supplémentaires. Un dispositif classique avec vase Dewar permet des mesures depuis les basses températures.

L'anisotropie magnétique et la forme non sphérique de l'échantillon conduisent à l'apparition d'une composante horizontale du moment. L'effet de celle-ci est éliminé par des mesures suivant divers azimuts qui corrigent également les erreurs d'excentricité.

D'autre part un calcul statistique, portant sur plusieurs centaines de résultats, permet de diminuer l'influence des erreurs accidentelles, inévitables dans l'emploi du magnétomètre.

Des études aux rayons X et des mesures magnétométriques montrent que l'échantillon est un monocristal [2] du système hexagonal et permettent de repérer, à un degré près, la position de l'axe sénaire par rapport aux arêtes du cube.

L'influence du champ démagnétisant, pratiquement impossible à connaître avec rigueur par suite de la forme cubique de l'échantillon, a été évaluée expérimentalement par comparaison avec des cubes de fer et de nickel dont les

---

(*) Séance du 21 juin 1948.

(1) L. Néel, *Cahiers de Physique*, n° 12, décembre 1942 et n° 13, mars 1943.

(2) Nous devons ce monocristal de cobalt à M. Gold, physicien au M. I. T. de Cambridge, U. S. A.

caractéristiques magnétiques étaient au préalable déduites de mesures sur des tores de même origine.

Les causes d'erreur, par suite d'une relation homographique entre les déviations du spot et l'aimantation de la substance, croissent avec rapidité quand l'aimantation augmente.

Résultats. — A la précision de nos mesures, c'est la loi de Rayleigh $\mathcal{J} = a\mathrm{H} + b\mathrm{H}^2$ qui traduit le mieux nos expériences, aussi bien pour l'axe de facile que de difficile aimantation.

a. Axe de facile aimantation. — a et b sont de l'ordre de grandeur de 2 et restent inchangés dans l'intervalle de température —196° C. à —20°C.; le champ coercitif $\mathrm{H}_c = 0{,}55$ œ;

b. Axe de difficile aimantation; à 20° C. : $a = 0{,}14$, $b = 0{,}003$, $\mathrm{H}_c = 7{,}5$ œ; à —196° C. : $a = 11$, $b = 0{,}001$.

Interprétation : a. suivant l'axe de difficile aimantation. — Le processus d'aimantation, par rotation des porteurs, conduit par la considération du minimum d'énergie libre, à la loi très simple $a = \mathcal{J}_s^2/2\mathrm{K}_1$, où $\mathcal{J}_s$ est l'aimantation spontanée et K_1 le facteur du premier terme angulaire dans l'expression de l'énergie magnétocristalline.

Nous avons déterminé $\mathcal{J}_s$, F_k (énergie magnétocristalline) et K_1, d'où le tableau :

t°C.	F_k (en ergs/cm³).	K_1.	$\mathcal{J}_s$.	$a = \frac{\mathcal{J}_s^2}{2\mathrm{K}_1}$.	a expérimental.
20°	$5{,}9.10^6$	$5{,}0.10^6$	1410	0,19	0,15
—196°	$8{,}1.10^6$	$7{,}5.10^6$	1410	0,13	0,11

Nos valeurs de F_k sont supérieures à celles publiées jusqu'ici ([3]), de plus nous trouvons la même aimantation spontanée à 20°C. et à — 196°C.

L'influence de K_1 apparaît donc prépondérante, devant une faible action probable due aux tensions et le mécanisme de rotation semble bien prouvé.

b. Suivant l'axe de facile aimantation. — Dans ce cas nous ne devrions avoir que des déplacements de parois à 180°, nos mesures ne nous permettent, pour le moment, aucune conclusion.

MAGNÉTISME. — *Une détermination de la texture des poudres de fer à grand champ coercitif par la mesure de leur chaleur de mouillage.* Note de M. **Louis Weil**, présentée par M. Aimé Cotton.

Nous avons cherché à déterminer le diamètre moyen des poudres de fer à grande force coercitive obtenues par exemple par réduction à basse tempéra-

---

([3]) R. Becker et W. Doring, *Ferromagnétismus*, p. 127.

ture de formiates ([1]), en mesurant leur chaleur de mouillage dans des liquides organiques et en la comparant à celle d'un fer ex-carbonyle d'analyse granulométrique mesurable au microscope. Les deux poudres à comparer ont été l'une réduite, l'autre recuite dans l'hydrogène à la même température pour donner à leur surface la même nature chimique : on peut admettre que les chaleurs de mouillage sont alors proportionnelles à l'étendue de la surface.

Les ampoules contenant les poudres sous hydrogène ont été cassées dans le calorimètre antérieurement décrit ([2]). Pour des bentonites, nous avions trouvé sensiblement la même marche de température avant et après mouillage. Sauf précautions spéciales, pour les poudres de fer, au contraire, le brusque dégagement de chaleur au cassage est suivi d'un dégagement plus lent; la marche de température n'est plus la même qu'avant l'expérience et n'est même pas linéaire en fonction du temps. Ces phénomènes sont dus à l'oxydation de la poudre que produit aussitôt après le cassage l'oxygène déjà dissous dans le liquide de mouillage et, plus lentement ensuite, le renouvellement de l'oxygène dissous dû à l'agitation. L'oxydation se traduit par une diminution de 10 à 20 % de l'aimantation. L'ordre de grandeur des chaleurs d'oxydation explique les anomalies observées.

Nous avons rendu linéaire la marche de température après cassage, soit en additionnant le liquide mouillant d'un corps se combinant à l'oxygène dissous (hydroquinone dans le cas du benzène), soit en opérant sur des liquides bouillis dans lesquels nous avons fait barboter de l'azote désoxygéné. Les deux méthodes donnent sensiblement le même résultat. Nous avons surtout utilisé la deuxième qui conserve au liquide sa définition chimique; les précautions ont été prises pour que le barbotage d'azote ne perturbe pas la mesure calorimétrique.

Les conditions de préparation et granulométrie du formiate influent sur la chaleur de mouillage, sans corrélation avec le champ coercitif : un formiate réduit à 350° donne une chaleur de mouillage de 6,7 calories par gramme avec un champ coercitif de 814 gauss, alors qu'un autre donne 22,5 cal/g avec un champ coercitif de 780 gauss. Nous avons pris des échantillons d'un même lot de formiate. Trois échantillons passant au tamis 300 (diamètres inférieurs à quelques dizaines de microns) ont donné dans le benzène après réduction et mesure faite dans les mêmes conditions, avec des champs coercitifs de 880, 777 et 745 gauss, des chaleurs de mouillage de 28,9, 28,6 et 27,9, soit en moyenne 28,5 calories par gramme. Deux échantillons passant entre les tamis 80 et 150 (plus de deux fois plus grossiers que les plus gros du groupe

---

([1]) L. Néel, L. Weil et J. Aubry, Brev. Fr., Chambéry, 1942, n° prov. 323.

([2]) L. Weil, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 2130.

précédent) ont donné, avec des champs coercitifs de 774 et 906 gauss, des chaleurs de mouillage de 12,1 et 14,4, soit en moyenne 13,3 cal/g.

Pour du fer ex-carbonyle d'un diamètre moyen de 4 microns et d'une surface de $0^{m^2},2$ par gramme, nous avons trouvé dans le benzène des chaleurs de mouillage dont la moyenne est de 0,3 cal/g.

Les poudres de fer à grand champ coercitif auraient donc des surfaces qui pour les plus fines atteindraient 90 fois celle du fer ex-carbonyle, soit 18^{m^2} par gramme; dans l'hypothèse de grains lisses et sphériques, *leur diamètre moyen serait donc de l'ordre de* 450 Å.

Les expériences faites avec le xylène, l'éther et l'acétone ont donné pour les chaleurs de mouillage et pour leur rapport des résultats comparables. Dans les huiles (anthracènique ou huile de paraffine) les chaleurs de mouillage de nos poudres tombent à quelques calories et celles du fer ex-carbonyle à quelques centièmes de cal/g.

La théorie de leurs propriétés magnétiques [3] admet que les grains primaires ne sont pas ronds. Des examens au microscope électronique de catalyseurs montrent que leur surface est loin d'être lisse. Il est probable qu'à une surface de 18 m^2/g correspond un diamètre moyen sensiblement supérieur à 450 Å. Par contre, une détermination de la dimension du grain primaire faite aux rayons X [4] montre que son diamètre est de 300 Å environ. Il y a donc tout lieu de penser que si la surface mouillée sur une poudre obtenue à partir d'un formiate à grain fin est deux fois plus importante que sur celle obtenue à partir d'un sel moins divisé, *elle ne représente pas non plus la totalité de la surface des grains primaires*. Les grains primaires sont groupés en *éponges*. Aucun des liquides étudiés ne pouvait en raison du diamètre des molécules, pénétrer dans les interstices les plus étroits de celles-ci. Ces interstices peuvent donc n'avoir que quelques angströms d'épaisseur. Il suffit effectivement d'une faible augmentation de température pour les colmater, c'est-à-dire en définitive pour augmenter la dimension du grain primaire jusqu'à le faire passer au-dessus de la dimension critique où réapparaissent les parois de Bloch. Des réductions à 500° et 600° conduisent à des poudres dont les champs coercitifs ont été par exemple de 149 et 36 gauss respectivement et la chaleur de mouillage de 1,3 cal/g. Leur surface mouillée est donc plus de 10 fois plus petite : les plus petites des cavités externes des éponges se sont donc comblées en même temps que les fissures internes, tandis que, corrélativement, la couleur de la poudre est passée du noir au gris métallique.

---

(3) L. Néel, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1550.

(4) Résultat inédit communiqué par M. Bertaut.

RADIOÉLECTRICITÉ. — *Variation, avec la longueur d'onde, de la portée des atmosphériques et du flux d'impulsion par mètre correspondant au seuil de fonctionnement de récepteurs-enregistreurs du niveau moyen.* Note (*) de M. **Fernand Carbenay**, présentée par M. Camille Gutton.

Dans une Note antérieure ([1]) nous avons défini le seuil de fonctionnement d'un récepteur-enregistreur du niveau moyen des atmosphériques par le flux d'impulsion par mètre

$$\Psi_0 = \frac{1}{h}\int_0^\theta e\,dt,$$

provoquant le fonctionnement limite de l'appareil, d'une force électromotrice e de forme quelconque, induite dans l'antenne, mais de durée θ suffisamment courte devant la période T du récepteur; h étant la hauteur effective de l'antenne.

Des mesures du flux d'impulsion par mètre ont été effectuées, en application de la méthode exposée dans la Note précitée, au Laboratoire National de Radioélectricité, sur les appareils d'enregistrement du niveau moyen des atmosphériques. Les résultats de ces mesures sont indiqués ci-après.

Chaque antenne a une capacité γ égale à 10^{-4} µF environ et une hauteur effective h de l'ordre de 3^m.

Longueur d'onde d'accord du récepteur (en mètres)	25 000	11 000	5 000	2 000
Flux d'impulsion par mètre $\Psi_0 = \frac{\Phi_0}{h}$ (en maxwells par mètre)	350	65 à 127	43	5 à 10

Le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs a été réglé pour obtenir sur les différentes longueurs d'onde, des diagrammes ayant sensiblement, en moyenne ([2]), le même niveau dans les conditions de propagation de jour.

Il résulte du tableau ci-dessus que le flux d'impulsion par mètre Ψ_0, correspondant au seuil de fonctionnement des appareils, croît avec la longueur d'onde d'accord. En d'autres termes, les valeurs de Ψ_0 caractérisent la répartition, dans le spectre, de l'énergie des atmosphériques à la réception : l'énergie reçue augmente, dans le domaine considéré, avec la longueur d'onde.

On peut poursuivre davantage l'interprétation des résultats et établir un

(*) Séance du 14 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 1710.

([2]) En moyenne, parce que ces niveaux varient avec la répartition et la distance des foyers.

rapprochement entre les valeurs du flux par mètre Ψ_0 et les portées de jour des atmosphériques indiquées, il y a plusieurs années, par R. Bureau [3].

Le tableau suivant indique, pour chaque longueur d'onde d'accord du récepteur enregistreur :

1° La portée de jour (p);

2° Le rapport $\sqrt{\Psi_0}/p$ de la racine carrée du flux d'impulsion par mètre (en maxwells par mètre) à la portée exprimée en milliers de kilomètres.

Longueur d'onde d'accord du récepteur (en mètres)	25 000	11 000	5 000	2 000
Portée de jour (p) (en kilomètres)	$>$ 3 000	2 500	1 500	1 000
$\dfrac{\sqrt{\Psi_0}}{p}$	$<$ 6,2	3,2 à 4,5	4,3	2,3 à 3,2

Les rapports de la racine carrée du flux d'impulsion par mètre à la portée sont du même ordre de grandeur, ce qui indique que le flux d'impulsion par mètre Ψ_0 varie sensiblement, en fonction de la longueur d'onde, comme le carré de la portée.

Le seuil de fonctionnement des récepteurs-enregistreurs varie donc approximativement, en fonction de la longueur d'onde, comme la surface des sphères d'activité des atmosphériques définies par un rayon proportionnel à la portée indiquée par R. Bureau dans le domaine considéré.

SPECTROGRAPHIE. — *Détermination spectrographique de la solubilité du cadmium dans l'étain solide.* Note (*) de M. **Henri Triché**, présentée par M. Paul Pascal.

Au-dessous de 128°C. les alliages de cadmium et d'étain sont constitués par deux solutions solides, l'une α riche en étain, l'autre β riche en cadmium. Si l'on attaque ces alliages par un acide, la phase β joue le rôle d'anode et se dissout, la phase α joue le rôle de cathode. Si la réaction n'est pas trop rapide, les grains apparaissant en relief sont tous des grains de la phase α.

Pour connaître la teneur en cadmium de cette phase, on opère comme pour les dosages spectrophotographiques ordinaires. On choisit deux raies voisines, appartenant, l'une à l'étain 3283 Å, l'autre au cadmium 3466 Å; le rapport des noircissements de ces deux raies est une fonction de la concentration du cadmium. On construit une courbe d'étalonnage en prenant comme coordonnées le logarithme de la concentration en cadmium et le logarithme du rapport des noircissements.

---

(3) *Comptes rendus*, **219**, 1944, p. 349.

(*) Séance du 28 juin 1948.

Mode opératoire(¹). — L'étincelle éclate entre l'alliage et une baguette de cuivre pur. Pour analyser la surface attaquée on doit la déplacer pendant la pose pour que l'étincelle n'atteigne pas les grains β des couches profondes. Les alliages étalons doivent être enregistrés dans les mêmes conditions à moins que l'on vérifie que le déplacement n'a pas d'influence sur le rapport du noircissement des deux raies utilisées pour le dosage; c'est ce qui a été constaté.

Influence du traitement thermique. — Cette influence n'est pas appréciable sur le tracé de la courbe d'étalonnage, mais l'analyse des surfaces attaquées donne des résultats très différents suivant le traitement thermique. Les alliages doivent subir un recuit suffisant avant l'attaque, pour que l'état d'équilibre soit atteint à une température bien définie et en particulier pour que les solutions solides soient homogènes. Pour les alliages bruts de coulée, le pourcentage atomique du cadmium était compris entre 0,1 et 0,64. Une partie de l'alliage pouvant se trouver dans l'état qu'il possédait au-dessus de 128° C. et la solubilité du cadmium dans l'étain étant beaucoup plus grande (5 % en poids), on s'explique les valeurs par excès de la teneur en Cd; les valeurs par défaut sont expliquées par la structure hétérogène de la phase α dont les zones riches en cadmium sont attaquées.

Après divers essais, toutes les plaquettes ont subi un chauffage de 12 jours à 105° C. et une trempe à l'eau à 20° C.

Influence du traitement chimique préalable. — La surface est limée, puis attaquée par de l'acide nitrique concentré, l'attaque est violente mais ne modifie pas la composition de la surface; l'acide métastannique est éliminé par un jet d'eau distillée, la surface est alors traitée par de l'acide chlorhydrique; on chauffe légèrement pour éliminer la phase β.

Le spectre de la surface doit être examiné attentivement, des raies nouvelles peuvent apparaître indiquant la présence d'impuretés. Nous avons préparé des réactifs d'attaque très purs pour éviter cette cause perturbatrice; cependant, malgré cette précaution, les raies 3282 et 3383 Å(Ag) apparaissent si l'attaque est trop poussée, bien qu'elles ne soient pas visibles sur les spectres d'arc des alliages Sn-Cd. L'argent étant soluble dans le cadmium et insoluble dans l'étain, se concentre dans la phase β. Celle-ci étant détruite, l'argent se dépose à l'état métallique ou à l'état de Cl Ag sur la phase α et il est révélé par le spectre. Lorsque les raies de l'argent sont trop visibles, le spectre est inutilisable, il conduit à une concentration trop faible en cadmium (cette influence est connue sous le nom d'influence d'un tiers élément). Pour éviter cette erreur, il suffit que l'attaque ne soit pas trop poussée.

Dosages. — La fente du spectrographe est suffisamment ouverte pour que les mesures au microphotomètre soient précises. Le fond continu n'ayant pas la même valeur pour les surfaces attaquées et pour les étalons, il est indispen-

---

(¹) *Comptes rendus*, **204**, 1937, p. 966.

sable d'en tenir compte. Nous avons fait la correction habituelle, qui consiste à retrancher la densité du fond contigu à la raie de la densité de cette raie.

En évitant les causes d'erreur signalées, on trouve :

Concentration atomique des alliages	0,5	1,0	2,0
Concentration atomique de la phase α ...	0,29	0,29	0,41

soit en moyenne 0,31 % Cd en poids.

Comparaison avec les résultats antérieurs. — Nos résultats ne s'écartent pas trop de ceux qui ont été trouvés par d'autres méthodes, pour lesquelles les valeurs extrêmes sont comprises entre 0 et 1,5 % en poids ([2]). Dans un travail plus récent, Hanson et Pell Walpole indiquent la valeur 1 % ([3]) obtenue par examen métallographique et au moyen de courbes de résistivité. On peut se demander si la valeur obtenue par examen direct n'est pas par excès, une phase pouvant être en trop faible proportion ou trop dispersée pour être visible, et si la valeur obtenue par l'étincelle n'est pas par défaut quand la solution solide α n'est pas homogène (un recuit de 12 jours n'étant peut-être pas suffisant pour la température relativement basse de 105° C.).

Il semble que la méthode spectrographique puisse fournir un résultat plus précis que celui qui a été obtenu puisque l'erreur relative commise pour le dosage d'un alliage n'est que de 3,5 %. Notons que Hanson et Pell Walpole ont obtenu des courbes de dureté et de résistance à la traction en fonction de la concentration qui ont un point anguleux à 0,75 % Cd ([2]).

SPECTRES D'ABSORPTION INFRAROUGES. — *Spectres infrarouges des acides cinnamiques, de la chalcone et de quelques composés apparentés.* Note (*) de MM. **Jean Lecomte** et **Jean Guy**, présentée par M. Jean Cabannes.

Dans les séries cinnamique et chalconique, nous avons mesuré, entre 4,5 et 15 μ les spectres infrarouges de 9 composés cristallisés et de l'acide *cis*-cinnamique dissous, soit dans le tétrachlorure de carbone (entre 4,5 et 8 μ), soit dans le sulfure de carbone (entre 7 et 15 μ). Le tableau suivant indique les nombres d'onde observés en absorption (en cm^{-1}) :

Acide phénylpropionique. — 670 (M); 685 (M); 699 (F); 725 (f); 754 (M); 787 (M); 932 (tF); 1210 (M); 1228 (M); 1305 (tF); 1373 (tF); 1419 (F); 1460 (F); 1717 (tF).

Acides cis-cinnamiques F 42°. — 666 (M); 679 (M); 694 (F); 739 (M); 755 (M); 798 (M); 836 (F); 879 (f); 922 (tf); 978 (tf); 1061 (tf—?); 1168 (M); 1234 (M); 1265 (tf—?); 1280 (tf); 1303 (f); 1340 (tf—?); 1408 (f); 1462 (F); 1650 (F); 1709 (F).

([2]) Hanson et Pell Walpole, *J. Inst. Metals*, 56, 1935, p. 167-187.

([3]) *J. Inst. Metals*, 59, 1936, p. 281-300.

(*) Séance du 28 juin 1948.

F 58°. — 669 (M); 683 (M); 697 (F); 757 (tF); 801 (M); 834 (F); 919 (tF); 985 (tf); 1243 (M); 1312 (f); 1349 (tf — ?); 1375 (f); 1405 (f); 1447 (F); 1469 (M); 1647 (F); 1702 (tF).

F 68°. — 666 (M); 682 (M); 696 (F); 736 (f); 757 (M); 803 (F); 827 (M); 938 (tF); 1231 (f); 1250 (f); 1302 (f); 1347 (tf — ?); 1396 (M); 1403 (tF); 1660 (F); 1707 (F).

Dissous. — 693 (M); 762 (F); 799 (f); 831 (F); 926 (tF); 1247 (M); 1293 (M); 1349 (f); 1381 (f); 1403 (f); 1447 (F); 1468 (M); 1658 (F); 1711 (tF).

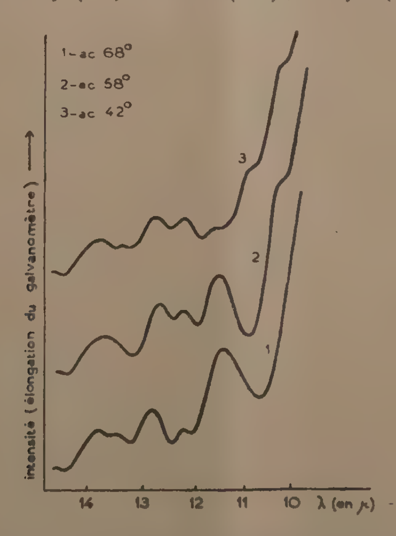
Acides trans-*cinnamiques* α. — 668 (M); 698 (M); 735 (tf — ?); 759 (F); 796 (tf — ?); 864 (M); 925 (F); 966 (tf); 1234 (f); 1285 (F); 1317 (F); 1351 (f); 1405 (tf — ?); 1428 (M); 1460 (M); 1650 (tF); 1699 (tF).

β. — 670 (M); 699 (M); 760 (F); 797 (tf — ?); 839 (tf — ?); 867 (M); 932 (F); 973 (tf); 1030 (tf — ?); 1171 (tf — ?); 1287 (F); 1321 (F); 1352 (tf — ?); 1428 (M); 1460 (M); 1652 (tF); 1699 (tF).

Acide benzalmalonique. — 671 (M); 689 (F); 754 (F); 781 (f); 821 (M); 916 (tF); 1053 (f); 1223 (F); 1252 (F); 1290 (F); 1329 (f); 1373 (f); 1405 (f); 1436 (M); 1460 (M); 1527 (M — ?); 1560 (M — ?); 1651 (M); 1703 (tF).

Acide phénylpropiolique. — 667 (M); 678 (M); 715 (tf); 749 (F); 919 (F); 1005 (tf — ?); 1194 (F); 1309 (tF); 1426 (tF); 1692 (tF); 2220 (M).

Chalcone fondant à 57°. — 668 (M); 692 (M); 746 (tF); 787 (f); 862 (F); 932 (f); 989 (tF); 1215 (tF); 1287 (M); 1315 (F); 1349 (tF); 1402 (tf); 1459 (F); 1514 (M); 1587 (M); 1618 (tF); 1675 (F).



Comme dans le cas des spectres Raman ([1]), les deux acides *trans*-cinnamiques ont des spectres très semblables. D'importantes différences se mani-

([1]) M. Harrand et J. Guy, *Comptes rendus*, 226, 1948, p. 430 à 432.

festent par contre pour les trois variétés cristallines de l'acide *cis*-cinnamique. A titre d'exemple, la figure reproduit notamment les courbes expérimentales d'absorption, entre 10 et 14 μ (1000 à 715 cm^{-1}), des trois acides *cis*-cinnamiques de point de fusion 68°, 58° et 42° : en plus de divers déplacements et dédoublement de bandes, on constate la disparition presque totale, pour l'acide 42°, de la bande à 922 cm^{-1} ($10^{\mu},85$), tandis que l'intensité d'absorption dans cette région est considérable pour les acides 68° et 58° (maxima situés respectivement à 938 et 919 cm^{-1}); à l'état dissous, quelle que soit la variété cristalline de départ, on obtient toujours, pour l'acide *cis*, le même spectre extrêmement voisin du spectre de la variété cristalline de point de fusion 58°.

Contrairement à ce qui avait été observé pour les spectres Raman des mêmes composés ([1]), on ne constate ici aucune anomalie en ce qui concerne les fréquences C = C et C = O : tous les composés étudiés présentent une forte absorption entre 1670 et 1720 cm^{-1} correspondant, en première approximation, soit à la vibration de valence C = O pour les cétones, soit à une vibration antisymétrique du pont carboxylique pour les acides à l'état dimère; les composés éthyléniques présentent bien de plus une autre bande forte distincte de la précédente, caractéristique de la fréquence C = C et qui varie ici de 1618 à 1660 cm^{-1}.

RAYONS X. — *Quelques observations sur la nature des radiations émises par les tubes à rayons* X. Note de M. **Jean Manoukhine**, présentée par M. Aimé Cotton.

Il semble que jusqu'ici on n'ait fait, dans les applications, aucune différence entre le rayonnement émis par une ampoule à rayons X du type *à air* et celui émis par une ampoule du type *Coolidge*; cependant, en 1922, j'écrivais ([1]) *que les radiations des ampoules Coolidge ne sont pas comparables à celles des ampoules à air*.

Mes anciens travaux avaient démontré que l'irradiation de la rate par l'ampoule à air, à une dose d'environ 26-30 r (13^{cm} d'étincelle au spintermètre à pointes, 1 mA, filtre de 1^{mm} d'aluminium, distance anticathode-peau : 25^{cm}, durée d'application 5 minutes) provoque le passage dans le sang d'un ferment splénique (leucocytolysine) ([2]) et que, durant les premières 24 heures, la rate diminue de volume et par cela même provoque la diminution du volume du foie dans le cas où les dimensions de ces deux organes étaient augmentées avant l'irradiation.

([1]) *Le traitement de la tuberculose par la leucocytolyse consécutive à l'irradiation de la rate*, Paris, 1922.

([2]) I. Manoukhine, *La leucocytolyse*, Thèse, Saint-Pétersbourg, 1911; *Journal de Physiologie et de Pathologie générale*, nos 1 et 2, 1925, p. 70 et 92; etc.

Lorsqu'en 1946 j'ai commencé, avec M. S. Silberstein, à appliquer la méthode thérapeutique dont il était question dans ces travaux anciens, l'ampoule à air était complètement abandonnée : nous avons donc jugé indispensable d'étudier l'action sur la fonction splénique des divers types d'ampoules modernes à rayons X.

Nous avons observé 4 malades atteints de tuberculose osseuse chez lesquels les volumes du foie et de la rate étaient très augmentés; ils ont été traités par irradiation de la rate (30 r par séance) en employant : pour le malade A, l'ampoule à air, pour B, la cuve Sécurix, pour C et D, l'ampoule Standard. On a observé une leucocytolyse et une diminution consécutive des volumes de la rate et du foie uniquement chez A irradié à l'ampoule à air. Chez les trois autres malades, au contraire, les irradiations provoquent dès le début une augmentation quasi régulière des deux organes, chez B, par exemple, le foie parti de 6^{cm} a pu augmenter jusqu'à 12^{cm} en 7 séances; chez C, parti de $3^{cm},5$, le foie a augmenté jusqu'à 11^{cm}, etc. Ceci démontre bien que l'irradiation par la cuve Sécurix et par la Standard non seulement n'excite pas, mais *déprime* les fonctions spléniques.

Ayant constaté ces résultats négatifs, nous avons commencé à étudier l'action sur la rate d'irradiations produites par différentes ampoules à rayons X et nous avons constaté les faits suivants :

1° La cuve dite *de sécurité* (transformateur et ampoule dans la même cuve à huile) utilisée de 64 à 86 kV, à des doses allant de 30 à 1 r, n'a jamais montré d'action positive, mais à très faible dose *déprime* l'activité splénique et l'huile n'arrête pas ces radiations.

2° L'ampoule Coolidge Standard sur bobine aussi, s'est montrée *déprimante*.

3° L'action de l'ampoule classique du type Coolidge de diagnostic sur transformateur (la plupart du temps nous avons employé un Métallix), n'est pas absolument identique à celle de l'ampoule à air, et l'on n'obtient pas une production de leucocytolysine aussi forte ni aussi rapide.

D'autre part, j'ai étudié la relation entre l'existence des rayons stimulants et le vide de l'ampoule à air; j'ai constaté qu'en utilisant des ampoules à air où le vide était moins poussé et où la tension appliquée descendait progressivement jusqu'à 3^{cm} d'étincelle, on observait un affaiblissement de l'action stimulante des rayons, mais dès que l'ampoule prend une couleur violette (avec arc ou sans arc), vers 2^{cm} d'étincelle, leur action stimulante augmente promptement et atteint l'intensité obtenue avec l'ampoule normale; lorsque, encore plus loin, l'ampoule devient rouge, leur action diminue définitivement. Par exemple, l'ampoule avec 13^{cm} d'étincelle a produit une leucocytolyse de 31,9 % ; l'ampoule *violette* de 38,5 % et l'ampoule *rouge* de 18,7 %. Les observations cliniques ont confirmé ces constatations dans un grand nombre de cas.

Les rayons stimulants et les rayons inhibiteurs sont arrêtés par 2^{mm} de plomb et traversent 1^{mm} d'aluminium.

Toutes ces observations me laissent supposer qu'il se produit dans l'ampoule de Rœntgen des rayons que l'on peut qualifier de rayons *sui generis* et qui doivent être encore étudiés.

ATOMISTIQUE. — *Nouvelle présentation du tableau périodique des éléments basée sur leur structure électronique*. Note (*) de M. **Pierre Vallet**, présentée par M. Paul Pascal.

La principale critique adressée par les chimistes au tableau périodique des éléments, tel qu'il est présenté le plus souvent, est qu'il rassemble dans une même colonne des éléments souvent très différents.

Depuis que les structures atomiques sont mieux connues, différents auteurs ont essayé de remédier à cet inconvénient à l'aide de procédés typographiques variés.

Le nouveau tableau que je propose est à double entrée comme celui de Mendelejeff, mais il est basé sur la structure électronique des éléments telle que nous l'imaginons actuellement.

Horizontalement, le tableau comprend sept lignes correspondant aux sept premières valeurs du nombre quantique principal n, définissant les niveaux énergétiques fondamentaux K, L, ..., Q.

Verticalement, le tableau est d'abord divisé en quatre colonnes correspondant aux quatre premières valeurs du nombre quantique azimutal l. Les trois dernières colonnes ont été divisées en deux pour tenir compte des deux valeurs possibles du nombre quantique interne $j = l \pm 1/2$. Chacune de ces dernières colonnes a été subdivisée en $2j+1$ nouvelles colonnes (indiquées seulement par les éléments qui y figurent).

Finalement, le tableau est divisé en cases énergétiques en nombre égal à $2j+1$ pour chaque sous-niveau énergétique défini par trois valeurs particulières associées des nombres quantiques n, l, j.

En considérant seulement l'enveloppe électronique des différents éléments rangés par ordre de numéros atomiques croissants, on passe de l'un quelconque au suivant, en lui ajoutant un électron. Celui-ci ne vient pas toujours occuper la case énergétique la plus voisine de celle qu'occupe le dernier électron de l'atome précédent, de sorte que si l'on écrit les symboles des différents éléments dans la case énergétique correspondant à son dernier électron, très souvent, les éléments se suivront dans l'ordre des numéros atomiques croissants, mais il pourra arriver que des éléments qui se suivent dans le tableau possèdent des numéros atomiques non consécutifs.

Les deux premiers éléments mis à part, on constate que les éléments rangés dans une même colonne sont alors chimiquement analogues, surtout pour $l = 0$

(*) Séance du 28 juin 1948.

Tableau périodique des éléments.

	$l=0$ s		$l=1$ p						$l=2$ d										$l=3$ f													
	$j=\frac{1}{2}$.		$j=\frac{1}{2}$.		$j=\frac{3}{2}$.				$j=\frac{3}{2}$.				$j=\frac{5}{2}$.						$j=\frac{5}{2}$.						$j=\frac{7}{2}$.							
K......	1	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=1$...	H	He	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
L......	3	4	5	6	7	8	9	10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=2$...	Li	Be	B	C	N	O	F	Ne	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M.....	11	12	13	14	15	16	17	18	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=3$...	Na	Mg	Al	Si	P	S	Cl	A	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
									″	″	″	′	″	″	″	″	′	″														
N......	19	20	31	32	33	34	35	36	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
$n=7$...	K	Ca	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr	Y	Zr	Nb	Mo	Ma	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	Ce	Pr	Nd	Il	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
									″	″	′	′	′	′	′		′	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″	″
O......	37	38	49	50	51	52	53	54	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	90	91	92	93	94	95	96	-	-	-	-	-	-	-
$n=5$...	Rb	Sr	In	Sn	Sb	Te	I	Xe	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm							
									″	″	″	″	″	″		′	′	″	″	″	″											
P......	55	56	81	82	83	84	85	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=6$...	Cs	Ba	Tl	Pb	Bi	Po	-	Rn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Q......	87	88	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$n=7$...	-	Ra	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

et $l=1$. Pour $l=2$ déjà et surtout pour $l=3$, l'analogie se manifeste aussi horizontalement.

On sait que lorsque les nouveaux électrons viennent occuper des cases énergétiques situées dans les profondeurs de l'atome, un réarrangement interne peut se produire et le nombre des électrons les plus extérieurs de l'atome peut être 0, 1 ou 2. J'ai représenté schématiquement ce nombre par 0, 1 ou 2 accents placés sous le symbole des éléments correspondants.

ATOMISTIQUE. — *Sur la structure moléculaire des bioxydes de manganèse utilisés dans les éléments Leclanché.* Note (*) de MM. **Jean Amiel**, **Jean Brenet** et **Georges Rodier**, présentée par M. Paul Pascal.

Dans une Note précédente l'un de nous [1] a montré que l'accroissement des propriétés dépolarisantes d'un bioxyde de manganèse au cours de son activation correspondrait à la fois à une variation des dimensions de la maille élémentaire, et à une diminution de la distance manganèse-oxygène dans la molécule MnO^2.

Nous avons mesuré la susceptibilité magnétique de deux échantillons de bioxyde, l'un étant le dérivé activé de l'autre. Nous avons trouvé une exaltation du paramagnétisme de l'échantillon activé, dans lequel la distance Mn-O est plus faible. L'expérience donne les valeurs suivantes :

$$\text{échantillon (1)} \qquad = 28{,}9.10^{-6}$$
$$\text{échantillon activé (2)} = 37{,}9.10^{-6}$$

L'étalon de référence utilisé était le sulfate de manganèse hydraté, comparé à $SO_4Cu, 5H_2O$, étudié précédemment par l'un de nous [2].

La seule explication possible de cette différence considérable, compte tenu du taux d'impuretés, réside dans la modification de la forme de liaison Mn — O.

Ces résultats pourraient éventuellement s'interpréter à partir de la détermination des axes de valences selon la méthode de Pauling :

Un des oxygènes dans la molécule MnO_2 est lié à Mn par l'intermédiaire des deux électrons de la couche N de cet atome.

Le calcul théorique montre que la probabilité de présence de l'ensemble des deux électrons de cette couche N est la même sur toute sphère de rayon R; par suite nous ne pouvons caractériser de directions bien déterminées d'axes de valences. Dans ce cas, nous pouvons conclure que la liaison de Mn par les électrons N a surtout le caractère ionique.

Le second oxygène de la molécule MnO_2 est lié à Mn par l'intermédiaire

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) J. Brenet et A. Héraud, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 413.

(2) J. Amiel, *Comptes rendus*, **206**, 1938, p. 1113.

d'électrons de la couche M de l'atome Mn. Or, ces électrons se répartissent de la manière suivante : 2 pour $l=0$, $m=0$; 6 pour $l=1$, $m=0, \pm 1$; 5 pour $l=2$; $m=0, \pm 1, \pm 2$.

La liaison se fera donc par deux électrons de cet état $l=2$, c'est-à-dire par des électrons d.

La détermination des fonctions d'ondes associées montre comme possibles les deux liaisons de covalence par électrons (d, δ) et (d, π).

Dans le cas de la liaison (d, δ), les directions d'axes de valences sont à 45° l'une de l'autre; dans le cas de liaison par électrons (d, π), les directions d'axes de valences sont à 90° l'une de l'autre. En outre, les plans des axes de valences des électrons (d, δ) d'une part, et (d, π) d'autre part, font entre eux un angle de 45°.

L'ensemble de ces résultats peut être rapproché de l'évolution du pouvoir dépolarisant des deux formes de bioxyde. On pourrait voir là une possibilité d'explication des différences d'activité des deux bioxydes.

Enfin, cette modification de la forme de liaison, nettement mise en évidence par les mesures magnéto-chimiques, provoque une perturbation des densités électroniques autour des atomes de manganèse et d'oxygène. Il en résulte un accroissement de certaines propriétés catalytiques du bioxyde de manganèse (3).

Nous avons donc mis en évidence que les propriétés dépolarisantes, magnétiques et catalytiques des échantillons de bioxyde de manganèse examinés varient dans le même sens.

PHYSIQUE NUCLÉAIRE. — *Sur la disparition de l'image latente dans la photographie des trajectoires des particules* α. Note (*) de M. **René Coppens**, présentée par M. Frédéric Joliot.

L'étude par la photographie de l'émission des particules chargées a montré que l'image latente des trajectoires de ces particules disparaissait en un temps variable. Yagoda et Kaplan (1) ont étudié la variation de la densité photographique. Mme Faraggi et Mlle Albouy (2) ont mesuré la disparition des grains. Nous avons évalué la variation du nombre des trajectoires avec le temps qui s'écoule entre l'impression et le développement.

Méthode. — Des plaques sensibles, exposées au rayonnement d'une matière radioactive (pechblende pulvérisée ou dépôt électrolytique de polonium) sont développées dans des conditions identiques, l'une immédiatement, les autres avec des retards croissants. En observant les plaques avec un microscope de

---

(3) J. Amiel, G. Rodier et J. Brenet (en cours de publication).

(*) Séance du 21 juin 1948.

(1) *Phys. Rev.*, **71**, 1947, p. 910.

(2) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 717-719.

faible grossissement, on compte le nombre de trajectoires par champ. 100 examens au minimum donnent pour chaque plaque la moyenne des trajectoires visibles inscrites sur une surface donnée.

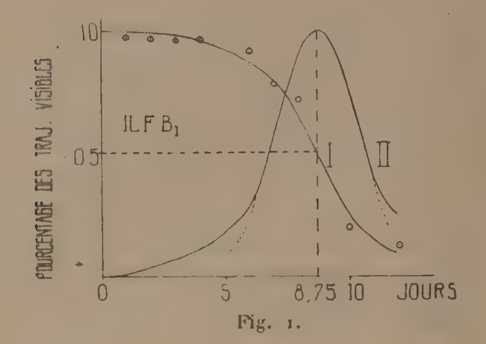


Fig. 1.

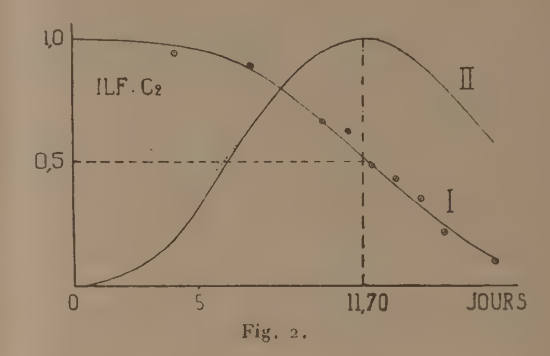


Fig. 2.

Résultats. — 1° Le nombre des trajectoires visibles reste pratiquement constant pendant un temps variable avec la méthode de conservation des plaques, puis décroît plus rapidement et tend ensuite lentement vers zéro. Plusieurs expériences ont permis d'établir les courbes I donnant les variations du nombre des trajectoires en fonction du temps t qui sépare le développement de l'exposition (nombre de trajectoires d'une durée supérieure à t).

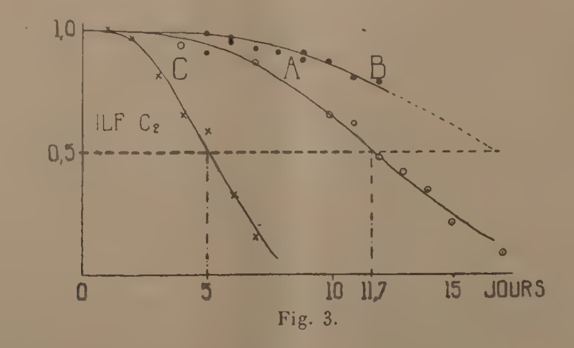


Fig. 3.

2° A partir de ces courbes il a été possible de tracer les courbes II donnant le nombre des trajectoires d'une durée comprise entre $t-\Delta t$ et $t+\Delta t$. *Ces courbes sont du type de Gauss*, avec maximum net pour un temps T (durée la plus probable). Pour un temps t l'écart par rapport à T est $(t-\mathrm{T})$ et les courbes précédentes peuvent être représentées par une équation $n=\mathrm{K}e^{-\frac{(t-\mathrm{T})^2}{\rho^2}}$ sauf pour les écarts trop grands (ρ et K étant des constantes). Sur les figures les courbes en pointillé représentent les parties des courbes de probabilité qui s'écartent des courbes expérimentales. La courbe de Gauss étant définie par sa moyenne T et son écart quadratique moyen (qui dépend de ρ), on peut caractériser les plaques par ces deux nombres fonction de la nature des plaques et du moyen de conservation. Nous avons obtenu les résultats suivants :

Nature des plaques.	Méthode de conservation.	Durée probable T (jours).	Dispersion ρ.	$\frac{T}{\rho}$.	
Ilford B_1....	Pres. Norm. 12° humidité atmosphér.	8,75	2,3	3,8	fig. 1
Ilford C_2....	Pres. Norm. 17-18° humidité atmosphér.	11,75	7	1,68	fig. 2 et fig. 3 (Courbe A)
Ilford C_2....	Pres. Norm. 14-15° humidité atmosphér.	16,5 (par extrapolation)	10	1,65	fig. 3 (Courbe B)
Ilford C_2....	Pres. Norm. 14-15° conservées au-dessus d'une couche d'eau	5	3	1,66	fig. 3 (Courbe C)

3° *Le rapport* T/ρ *est sensiblement constant pour un type de plaque donné* (résultat confirmé par d'autres expériences). — Il est donc possible de caractériser les plaques par un seul nombre $R = (T/\rho)$ et de préciser les conditions de conservation par la durée probable T. Ces deux nombres suffisent pour tracer les courbes II et par suite les courbes I. Pour un type de plaque donné les courbes I obtenues avec des méthodes de conservation différentes se déduisent les unes des autres quand on connaît T.

4° *L'humidité active considérablement la disparition de l'image latente.* — Des plaques de même nature [Ilford C_2 $(T/\rho) = (3/5)$] exposées dans les mêmes conditions de température et de pression, mais conservées les unes en atmosphère normale et les autres au-dessus d'une nappe d'eau, ont donné des durées probables de 16,5 et de 5 jours (courbes B et C, *fig.* 3).

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la stabilité de quelques thiosulfates complexes par la méthode des échanges isotopiques.* Note (*) de Mlle **Geneviève Scoffier**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Divers auteurs ont déjà utilisé les indicateurs radioactifs pour caractériser la stabilité de complexes minéraux, par la méthode des échanges isotopiques.

(*) Séance du 19 avril 1948.

Il m'a paru intéressant d'appliquer cette méthode aux complexes formés par les thiosulfates de certains métaux pour lesquels les indications purement chimiques sont peu précises.

Les expériences ont porté sur les systèmes :

$$K_3\,[As\,(S_2O_3)_3],\quad As_2^{\star}\,O_3 + HCL\quad 2\,N,$$
$$K_3\,[Sb\,(S_2O_3)_3],\quad Sb_2^{\star}\,Cl_3 + HCL\quad 2\,N,$$
$$K_3\,[Bi\,(S_2O_3)_3],\quad Bi_2^{\star}\,Cl_3 + HCL\quad 2\,N,$$
$$Na_2\,[Cu\,(S_2O_3)_2],\quad Cu^{\star}\,SO_4 + HCL\quad 0{,}5\,N.$$

(L'astérisque indique le composé contenant l'indicateur radioactif.)

La technique employée était la suivante. Le complexe a été préparé par un procédé approprié ([1]), précipité par l'alcool et soigneusement lavé, afin d'éliminer tout excès de l'un ou de l'autre des composants, et séché, puis dissous dans 6$^{cm^3}$ d'eau. Une quantité équivalente en métal du sel simple, activé au cyclotron pendant un temps suffisant, a été dissoute dans 10$^{cm^3}$ d'eau acidulée du titre indiqué. Les deux solutions mises en présence ont été immédiatement séparées par précipitation par l'alcool et filtration. Les essais ont montré que l'échange produit pendant ces opérations dont la durée était de dix à douze minutes était déjà pratiquement complet dans le cas du Bi, et très important dans les autres cas.

Le complexe a été ensuite détruit par un acide fort et transformé d'abord en sel simple, puis précipité en oxyde ou sulfure. La même précipitation a été opérée sur le sel du filtrat. Les activités des deux produits ont été mesurées en couche épaisse ([2]) sur porteurs identiques au compteur de Geiger-Muller.

Les résultats de ces mesures ont été les suivants :

Complexe	d'As	échange à	3° ([3])	de 50 à 72 %
»	de Sb	»	3	de 83 %
»	Sb	»	17	95 %
»	Bi	»	17	99 %
»	Cu	»	17	30 %

La stabilité des complexes se présente donc dans l'ordre Bi < Sb < As < Cu. Pour les trois premiers, elle diminue donc avec l'augmentation du caractère métallique de l'atome central.

([1]) Les thiosulfates d'As et Sb ont été préparés suivant les indications de Von Szilagyi (*Zeit Anorg Chem.*, 113, 1922, p. 69); ceux de Bi et Cu, selon le *Mellor Comprehensive Treatise of Inorganic and Theoretical Chemistry*, vol. X.

([2]) Haïssinsky et Pullmann, *Journ. Phys.*, 1946, p. 7.

([3]) La précipitation quantitative du complexe d'As n'a lieu qu'à 3°.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Recherches sur l'origine des bandes qui accompagnent les discontinuités X d'absorption de certains métaux à l'état de sels dissous.* Note de Mlle **Yvette Cauchois**, présentée par M. Jean Cabannes.

L'analyse des spectres de rayons X qui constitue la meilleure méthode d'étude de l'électronique des solides, est applicable aux liquides et aux corps dissous. J'ai pu montrer [1] que la discontinuité K du nickel, fournie par des solutions aqueuses de sels du nickel divalent, est accompagnée par des bandes d'absorption dues à plusieurs maxima et minima du coefficient d'absorption; elles s'étendent sur environ 300 eV au delà de la discontinuité principale, vers les grandes énergies; leur allure générale est très analogue à celle des bandes d'absorption du nickel dans les composés solides correspondants. On pouvait se demander si les bandes avaient un caractère atomique ou si elles étaient une manifestation d'un arrangement pseudo-ordonné dans la solution. Il est possible d'attribuer à des transitions de l'électron K vers des états d'excitation liés à l'ion (ici Ni^{++}), les fluctuations d'intensité observables à petite distance de la discontinuité [2]. Mais les bandes lointaines dont j'ai signalé l'existence me paraissent avoir une origine différente et devraient pouvoir donner des informations sur l'organisation des ions et des molécules dans la solution.

Pour mieux comprendre le phénomène, je l'ai recherché dans des circonstances expérimentales différentes et sur d'autres éléments.

Avec les sels de nickel, les variations de concentrations réalisables, en pratique, modifient peu les structures d'absorption. Avec les sels de zinc, il se produit, semble-t-il, un léger déplacement avec la dilution. Mais, dans les deux cas, il s'agit toujours de solutions concentrées. Si l'on passe de la température ordinaire à environ 70° C., à l'aide d'une cuve chauffante convenable, les structures persistent avec la même netteté. Comme la largeur des bandes sombres et claires successives dans le spectre est grande, de l'ordre de plusieurs dizaines d'électronvolts pour les plus lointaines, il est difficile de préciser leur position et de s'assurer de la réalité de leurs petites variations éventuelles.

Des éléments voisins du nickel dans le Tableau périodique ont maintenant été étudiés. Leurs sels dissous donnent eux aussi des bandes d'absorption analogues à celles des composés cristallisés respectifs et d'aspect semblable à l'aspect des bandes des composés solubles du nickel. On obtient encore une raie blanche de très forte absorption (R. B.) et trois bandes sombres α, β, γ séparées par les régions de forte absorption A et B. La bande α comporte 2 maxima et un minimum secondaires. La résolution de α pour Cu et Zn est moins nette que pour Ni; mais il faut remarquer que le pouvoir séparateur dans l'échelle des énergies décroît avec la longueur d'onde. C'est peut-être aussi pourquoi les

---

[1] *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1556.

[2] W. Beeman, et J. Bearden, *Phys. Rev.*, 61, 1942, p. 455.

TABLEAU.

Solutions saturées des chlorures de Ni, Cu et Zn.

		disc. K.	R. B.	α m.	α min.	α max.	A.	β.	B.	γ.
Ni	λUX	$1483,_{1_3}$	1482,21	1480,7	1479,3	1477,7	1473,2	1467,6	1461,6	1450,2
	ΔeV	0	$5,_{\bar{1}}$	$13,_{\bar{5}}$	$21,_{\bar{7}}$	$31,_{\bar{2}}$	57	88	123	190
Cu	λUX	$1376,4_3$(*)	$1375,3_3$	1373,4	1372,1	1370,6	1366,7	1361,5	1355,0	1347,5
	ΔeV	0	$7,_{\bar{2}}$	$20,_{\bar{3}}$	$28,_{\bar{4}}$	$37,_{\bar{9}}$	64	97	142	192
Zn	λUX	1280,17	$1279,6_4$	1278,2	1277,1	1275,9	1272,8	1269,0	1264,1	1257,5
	ΔeV	0	4,1	$14,_{\bar{9}}$	$23,_{\bar{5}}$	32,5	57	85	123	175

(*) La discontinuité tombe en deux temps; cette valeur indique sa position moyenne.

bandes sombres du zinc apparaissent comme un peu plus étroites que celles des autres corps; on voit encore un minimum et un maximum au delà de γ.

Si les variations du coefficient d'absorption observées avaient leur origine dans un processus intra-atomique qui fasse intervenir un bilan d'énergie entre des niveaux attachés au nuage électronique, elles devraient se manifester à peu près de même pour des atomes libres; or on admet que les vapeurs, celle de zinc en particulier, ne montrent pas de structures d'absorption lointaines. De plus, les différences de fréquence entre les maxima d'absorption et la discontinuité devraient nettement augmenter avec le numéro atomique Z. On constate sur les nombres du Tableau, relatifs aux chlorures de Ni, Cu et Zn en solution saturée, qu'il n'en est pas ainsi. Les observations rapportées ici sont appuyées par d'autres[3], faites sur l'oxychlorure de zirconium ($Z = 40$) en solution : les bandes α, A, β, B, γ et la raie blanche qui accompagnent la discontinuité K de Zr sont très nettes; les séparations de A et de B à la discontinuité sont du même ordre de grandeur que pour $Z = 28$, 29 ou 30.

Il me semble probable que les bandes d'absorption lointaines observées prennent naissance dans l'interaction des électrons, libérés dans le processus d'absorption du quantum X incident, avec le milieu partiellement organisé que la solution constitue. *Dans les solides*, on interprète schématiquement les variations du coefficient d'absorption à grande distance de la discontinuité, suivant le point de vue de Kronig, en recherchant quelles sont les réflexions sélectives possibles pour l'onde associée à l'électron expulsé de l'atome dans le milieu cristallisé; les directions correspondantes sont interdites à la propagation de l'électron qui aurait (avec les notations habituelles), la vitesse v telle que $\lambda = h/mv$ et $n\lambda = 2d \sin\varphi$; l'absorption d'un quantum qui donnerait

(3) Au cours d'une étude spectrochimique, à paraître, effectuée en collaboration avec K. Mac Taggart, sur la spectrochimie X et Zr de Hf.

l'impulsion *mv* à l'électron est impossible. Si l'on considère tout l'espace de propagation, des minima d'absorption apparaissent à peu près pour $\varphi = \pi/2$ lorsque l'on donne à *d* les valeurs relatives aux plans réticulaires de grande densité. On peut interpréter les faits d'expérience analogues avec les solutions, en considérant l'interaction des ondes électroniques associées aux photoélectrons X, avec l'édifice des molécules d'eau autour des ions métalliques polyvalents. Mes résultats sont compatibles avec ceux obtenus, entre autres, par Prins ([4]) pour la diffraction des rayons X dans certaines solutions d'ions lourds. Prins a été conduit à admettre, pour des solutions concentrées de $NiCl_2$ et $ZnCl_2$ en particulier, que les ions métalliques s'entourent bien d'un cortège ordonné de molécules d'eau et qu'il en résulte un *super-arrangement* d'ensemble des divers ions dans la solution. D'autres auteurs ont émis la même hypothèse à la suite d'études des spectres optiques d'absorption ([5]) ou des spectres Raman ([6]) de solutions ioniques. On comprendrait ainsi l'analogie entre le spectre d'absorption X de la solution et celui du solide hydraté, et peut-être l'analogie constatée dans certains cas avec le solide anhydre, vu les diamètres des ions.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Étude de la structure des fumées de chlorure d'ammonium par diffraction et microscopie électroniques.* Note (*) de M. **Jean-Jacques Trillat** et Mlle **Arlette Lalœuf**, présentée par M. Maurice de Broglie.

On sait que l'acide chlorhydrique et l'ammoniaque se combinent en donnant du chlorure d'ammonium avec production d'abondantes fumées; on réalise ainsi des nuages ou brumes artificiels qui ont été utilisés notamment durant la guerre de 1914-1918 pour masquer des opérations navales.

De telles fumées sont en réalité constituées de particules solides extrêmement fines en suspension dans l'atmosphère; elles sont donc *a priori* justiciables des techniques de *diffraction* et de *microscopie électroniques*. C'est ce que nous avons vérifié expérimentalement.

A cet effet, une mince pellicule de collodion (épaisseur 15 millimicrons) est disposée sur une grille fine en nickel et promenée quelques instants dans la fumée produite au voisinage de deux récipients contenant l'un, de l'acide chlorhydrique, l'autre, une solution d'ammoniaque. Examinée au microscope, cette pellicule ne montre aucun dépôt, à l'exception parfois de quelques très fins granules espacés d'une dimension de l'ordre du micron. Cependant, si la pellicule est placée dans un *diffracteur électronique*, il apparaît aussitôt un magni-

---

([4]) J. A. Prins et R. Fonteyne, *Physica*, II, 9, 1935, p. 1016.
([5]) S. I. Weissman et S. Freed, *Jour. Chem. Phys.*, 8, 1940, p. 227 et 840.
([6]) A. Rousset, R. Lochet et P. Magne, *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 270.

(*) Séance du 28 juin 1948.

fique diagramme (*fig.* 1) constitué d'une série d'anneaux extrêmement nets et fins; il ne s'atténue et ne disparaît par dissociation du NH_4Cl dans le vide qu'après plusieurs jours.



Fig. 1. — NH_4Cl.
Diagramme électronique, 40 kV; 0,5 mA; pose une seconde.
Diffractogr. électronique Trub Tauber.

L'étude détaillée de ces diagrammes permet de calculer avec une grande précision la maille cristallographique; on trouve que le réseau est cubique simple du type Cs Cl, avec $a = 3,863 \pm 0,003$ Å. La valeur donnée par les rayons X, pour des cristaux macroscopiques, est : $a = 3,86_6$ Å, en parfait accord avec nos résultats.

Ainsi l'analyse électronique prouve que les fumées de NH_4Cl sont constituées de très petits cristaux cubiques, se déposant au hasard sur les obstacles rencontrés. L'examen de ces dépôts de fumées de NH_4Cl a été effectué également au *microscope électronique*, et confirme en les complétant les résultats de la diffraction électronique. La pellicule supportant le dépôt est ombrée dans le vide sous une incidence d'environ 30° au moyen de vapeur d'or (méthode du « Shadow »), de façon à accentuer les contrastes; les clichés obtenus au grossissement 8000 (*fig.* 2 et 3) montrent une répartition très homogène des grains.

Suivant les cas (durée de l'immersion dans la fumée, densité de celle-ci, etc.), les dimensions de ces grains varient entre 0,09μ et 0,3μ; la mesure de l'ombre portée permet de montrer que leur hauteur est du même ordre de grandeur, et qu'il s'agit donc de particules sensiblement sphériques. Il apparaît parfois de place en place de gros agglomérats isolés d'environ un

micron de diamètre ou davantage, qui sont ceux que l'on peut apercevoir au microscope ordinaire (*voir* plus haut et *fig.* 2).

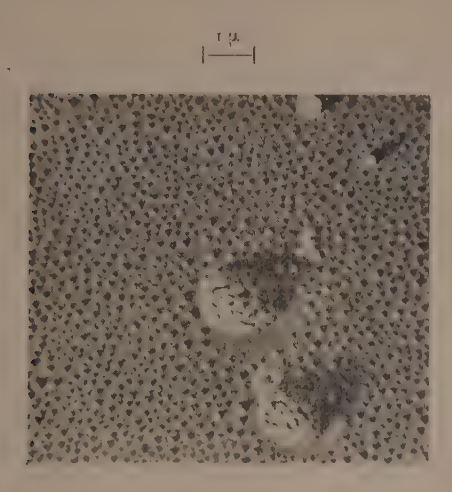


Fig. 2. — NH_4Cl.
Gr. × 8000.
Diam. moy. : 0,09 micron.
(Microsc. électron. CSF.)

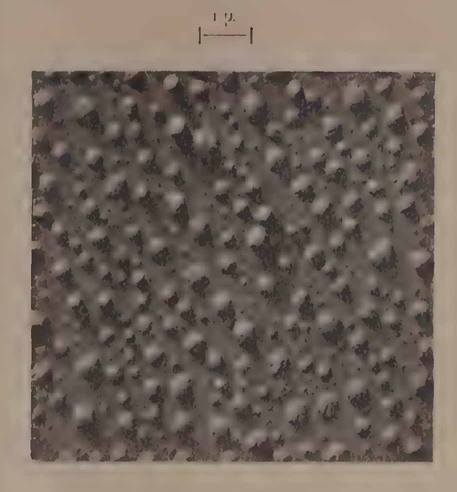


Fig. 3. — NH_4Cl.
Gr. × 7000.
Diam. moy. : 0,3 micron.
(Microsc. électron. CSF.)

On voit donc que le dépôt est constitué de particules solides, de forme sphéroïdale et non cubique comme on aurait pu s'y attendre d'après les diagrammes électroniques. Cela signifie que ces particules sont elles-mêmes constituées d'une agglomération de très petits cristaux cubiques; le faisceau électronique utilisé pour la diffraction ayant un diamètre de 15/100 de millimètre, le nombre de grains diffractants est donc considérable (au grossissement 8000, la section du faisceau serait représentée par un cercle de 1^{m}20 de rayon), ce qui explique la finesse remarquable des anneaux de diffraction et le haut pouvoir de résolution du dépôt.

De telles préparations de NH_4Cl, très facilement reproductibles sans aucune précaution spéciale, sont particulièrement intéressantes pour l'étalonnage précis en longueur d'onde ou en tension d'un diffractographe électronique, ainsi que pour le réglage et la mise au point d'un microscope électronique.

Nous avons également employé cette technique des fumées pour l'étude d'oxydes de très nombreux métaux; ce travail sera publié ultérieurement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Propriétés de quelques solutions macromoléculaires ionisées.* Note de Mme **Fanny Boyer-Kawenoki**, transmise par M. Jacques Duclaux.

La théorie des solutions colloïdales (ou macromoléculaires) non ionisées est relativement simple. A une dilution suffisante, chaque molécule est une unité

cinétique et les lois des solutions ordinaires non ionisées sont applicables. Au contraire, lorsque la particule colloïdale est ionisée, le fait qu'elle donne naissance à un très gros ion de valence élevée, neutralisé par de nombreux ions de petite taille, interdit l'application des théories ordinaires des électrolytes, quelle que soit la dilution; il en résulte des difficultés qui, posées depuis quarante ans, ne sont pas encore résolues.

Pendant longtemps, les seules solutions colloïdales ionisées accessibles à l'expérience ont été celles des protéines et de quelques polysaccharides naturels dont la constitution est mal connue. La nature amphotère des protéines complique les phénomènes; on peut espérer qu'ils seront plus simples avec des macromolécules de synthèse ne donnant que des ions d'un seul signe. Cette voie a été suivie déjà par Staudinger (1) et Kern (2) qui ont étudié l'acide polyacrylique et les polyacrylates.

J'ai d'abord retrouvé, puis étendu leurs résultats. Les variations de la pression osmotique et de la viscosité aux grandes dilutions sont, pour ces corps, différentes de ce qu'elles sont pour des macromolécules non ionisées. Pour celles-ci, le rapport $(\eta_s - \eta_0)/\eta_0 c$ qui fixe la viscosité intrinsèque, et le rapport P/c qui donne le poids moléculaire, P étant la pression osmotique et c la concentration, tendent vers une limite quand la concentration décroît indéfiniment. Au contraire, pour l'acide polyacrylique en solution aqueuse, ce rapport augmente rapidement aux grandes dilutions et semble devenir sinon infini, du moins très grand pour une dilution infinie. Les deux effets paraissent attribuables à la dissociation électrolytique croissante de l'acide, qui scinde une molécule en un nombre de plus en plus grand d'unités cinétiques; et peut-être à l'effet électrocinétique de Smoluchowski. Mais il serait vain de vouloir interpréter les nombres par la théorie, les conditions qu'elle pose étant loin d'être remplies.

La forme des courbes de pression osmotique et de viscosité interdit l'extrapolation pour une concentration nulle, et le calcul du poids moléculaire. Si l'anomalie est bien due à la dissociation électrolytique, on peut espérer qu'on la fera disparaître en supprimant cette dissociation. On peut y arriver de deux manières. Si l'on dissout l'acide polyacrylique dans de l'acétone contenant 15 % d'eau, dont le pouvoir dissociant est inférieur à celui de l'eau, l'anomalie s'atténue en effet beaucoup; mais on ne peut pas la faire disparaître de cette manière, le produit étant insoluble dans les solvants non ionisants. Par contre, elle disparaît si l'on emploie comme solvant une solution aqueuse d'acide chlorhydrique entre 1,2 et 1,5 N. Les deux courbes de pression osmotique et de viscosité ont alors la forme normale que donne les molécules non ionisées, et le calcul du poids moléculaire devient possible. Il est même facilité par le

(1) Staudinger et Kohlschütter, *Berichte*, 64, 1931, p. 2091.

(2) Kern, *Zeits. Phys. Chem.*, 181 A, 1938, p. 249.

fait que, dans ces solutions, l'acide polyacrylique est à l'état de précoacervation. Je rappelle que l'on désigne ainsi l'état d'une macromolécule dans un solvant très voisin de celui qui amène la coacervation; la pression osmotique est alors, comme l'a montré Dobry ([3]), presque proportionnelle à la concentration, ce qui facilite l'extrapolation à l'origine. J'ai ainsi trouvé pour deux fractions d'acide polyacrylique les poids moléculaires 66 000 et 180 000.

Pour réaliser le fractionnement, j'ai employé la coacervation. Elle se produit dans des solutions aqueuses de HCl, PO_4H_3, PO_4K_2H, $SO_4(NH_4)_2$. En additionnant progressivement de HCl, on obtient des fractions de poids moléculaire de plus en plus faible; la première se forme dans l'acide 1,5 N et la dernière au-dessus de 4 N. Comme il est normal, la viscosité est d'autant plus grande à concentration égale que le poids moléculaire est plus élevé.

Ces résultats, relatifs à l'acide polyacrylique, ont été étendus à la polyvinylamine de fonction basique. La viscosité et la pression osmotique du chlorhydrate de polyvinylamine présentent la même anomalie de croissance rapide aux grandes dilutions. La solution coacerve par addition d'acide chlorhydrique ou de soude. Dans l'état précoacervé l'anomalie disparaît et la mesure du poids moléculaire est possible; j'ai trouvé 490000.

Ainsi l'acide polyacrylique et la polyvinylamine, de fonctions opposées, se comportent de la même manière. Il est remarquable que les protéines, qui portent simultanément les deux fonctions, ne présentent d'anomalie analogue ni pour la pression osmotique ni pour la viscosité. La différence peut tenir aux interactions entre les éléments de la macromolécule.

Aussi bien pour l'acide polyacrylique que pour la polyvinylamine, la rétrogradation de la dissociation électrolytique est accompagnée d'un effondrement de la viscosité qui peut tomber au centième [chlorhydrate de polyvinylamine : $(\eta - \eta_0)/\eta_0 c$ pour 0,1 % passe de 30 dans l'eau à 0,33 dans HCl 1,5 N]. Cette variation est réversible : le pelotonnement des molécules en est la principale raison. La pression osmotique varie dans les mêmes proportions. Ainsi aux grandes dilutions la molécule se scinde en plus de 100 unités cinétiques; une macromolécule ionisée peut donc donner naissance à un ion de valence très élevée.

CHIMIE ORGANIQUE. — *L'oxydation comparée des naphtols par le permanganate de potassium.* Note (*) de MM. **Alfred Leman** et **Michel Delannoy**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons appliqué à l'α-naphtol et à deux dérivés du β-naphtol, le β-dinaphtol (dihydroxy-2.2'-dinaphtyle-1.1') et l'acide crocéique (acide

---

([3]) Dobry, *Journ. Chim. Phys.*, 36, 1939, p. 102.

(*) Séance du 28 juin 1948.

hydroxynaphtalène-sulfonique-2.8), la méthode d'oxydation mise au point pour l'acide phtalique [1] et le β-naphtol [2].

Nous faisons réagir en milieu sulfurique (pH initiaux : 1,8, 1,4, 0,8, 0) un excès de MnO_4K 0,1 N., et arrêtons l'oxydation, à des temps déterminés, par SO_4Fe dans des essais à 14°, par $C_2O_4H_2$ dans des essais à 50 ou 80°.

1. *Oxydation à* 14°. — En général les taux d'oxydation sont les mêmes pour le β-naphtol et le dinaphtol, inférieurs de 20 à 30 % pour l'α-naphtol; les taux de l'acide crocéique sont intermédiaires, proches de ceux de l'α-naphtol au début, plus élevés par la suite.

Au début l'oxydation est *très rapide*; en moins de 1 minute le taux atteint 30 % pour les deux naphtols, 25 % pour l'acide crocéique. On arrive ensuite à un *palier de résistance*, dont la valeur est très différente suivant la position de l'hydroxyle : 36 % pour l'α-naphtol, 60 à 65 % pour le β-naphtol et le dinaphtol; l'acide crocéique ne présente pas de palier, mais l'oxydation est très lente entre 40 (20 minutes) et 60 % (120 minutes). Le palier est atteint plus rapidement, pour le β-naphtol et le dinaphtol, en milieu fortement acide, en 10 minutes au pH 0, et 30 minutes au pH 1,4; pour l'α-naphtol et l'acide crocéique, le palier est atteint en 10 minutes quelle que soit l'acidité.

Après 2 heures de réaction le taux est de 45 pour l'α-naphtol, 52 pour l'acide crocéique, 72 pour le β-naphtol et le dinaphtol.

2° *Oxydation à* 50°. — La température est un facteur d'activation. Nous retrouvons l'identité des taux du β-naphtol et du dinaphtol; ceux de l'α-naphtol et de l'acide crocéique sont encore notablement inférieurs, mais la différence des taux augmente avec la durée de réaction pour l'acide crocéique, au contraire de l'α-naphtol.

A 50°		pH 1,8						pH O					
Durée (min.)		0,75.	5.	10.	20.	30.	60.	0,75.	5.	10.	20.	30.	60.
Taux %	α-naphtol	35	46	53	66	73	90	31	39	42	47	48	53,5
	ac. crocéique	35	55	60	65	68	78	37	52	–	59	62	73
	dinaphtol	32	–	71	77	82	94	41	–	69	72	73	79
	β-naphtol	43	65	71	81	82	92	43	66	69	73	74	79

L'acidité freine l'oxydation qui progresse rapidement en milieu faiblement acide, lentement en milieu fortement acide. Pour le β-naphtol et le dinaphtol le taux de 65 % (palier à froid) est atteint en 5 minutes, mais en 60 minutes il est de 92 au pH 1,8 et 79 au pH 0. Pour l'α-naphtol, en 60 minutes, le taux égale 90 (pH 1,8), 65 (pH 1,4), 61 (pH 0,8) et 53,5 (pH 0); pour l'acide crocéique, aux pH extrêmes, 78 et 63.

---

(1) A. Leman et M. Delannoy, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 322-324.

(2) M. Delannoy, *Id.*, **222**, 1946, p. 141-143.

3. *Oxydation à* 80°. — En milieu faiblement acide (pH 1,8) la vitesse d'oxydation du β-naphtol semble légèrement supérieure à celle du dinaphtol; elle lui est égale pour les pH 1,4 à 0.

A 80°.		pH 1,8.						pH 0.					
	Durée (min)	0,75.	5.	10.	20.	30.	60.	0,75.	5.	10.	20.	30.	60.
Taux %	α-naphtol	39	69	88	93	96	100	36	47	59	63	74	92
	acide crocéique	45	74	82	89	92	97	51	62	65	73	77	92
	dinaphtol	35	–	85	91	96	100	45	–	79	85	–	99,6
	β-naphtol	43	88	95	100	–	–	35	77	79	84	88	100

L'acidité freine l'oxydation, mais davantage pour l'α- que pour le β-naphtol; en milieu fortement acide les taux d'oxydation de l'α-naphtol sont inférieurs à ceux de l'acide crocéique, alors qu'ils sont plus élevés en milieu faiblement acide.

Nos résultats permettent de déterminer les conditions d'une *oxydation totale*, donc du *dosage de la fonction naphtol;* par exemple, avec MnO_4K 0,1 N en excès, il faut chauffer pendant 60 minutes à 80° en milieu faiblement acide (pH initial 1,8).

L'ensemble de ces résultats peut s'expliquer par la formation, en *quantité différente*, de l'*acide phtalique intermédiaire*, difficilement oxydable à chaud en milieu acide ([1]). L'α-naphtol fournit une molécule par molécule. Le β-naphtol passe vraisemblablement, au moins en majeure partie, par le stade dinaphtol au début de l'oxydation; le dinaphtol ne fournirait qu'une molécule d'acide phtalique pour deux cycles naphtaléniques.

Conclusions. — 1° L'oxydation par MnO_4K 0,1 N du *β-naphtol* et du *dinaphtol* correspondant se fait sensiblement à la même vitesse, sauf à 80° en milieu faiblement acide où le β-naphtol s'oxyde plus rapidement.

2° La vitesse d'oxydation de l'*α-naphtol* est nettement inférieure à celle du β-naphtol; celle de l'*acide crocéique* est généralement intermédiaire : la présence d'un groupe sulfo dans la molécule du β-naphtol en position cata (2.8) confère à l'ensemble une plus grande résistance à l'oxydation.

3° Après une oxydation rapide au taux de 25 à 30 on rencontre *un palier de résistance* vers 36 pour l'α-naphtol, 52 pour l'acide crocéique, 65 pour le β-naphtol et le dinaphtol; ce palier n'est que faiblement dépassé à 14° après 3 heures de réaction.

4° A chaud une *acidité forte freine* énergiquement l'oxydation.

5° A 50° le palier de résistance est dépassé en 5 minutes, mais la vitesse d'oxydation est ensuite beaucoup plus faible en milieu fortement acide pour les deux naphtols; celle de l'acide crocéique reste longtemps assez faible.

6° A 80° on aboutit, en 60 minutes, à l'oxydation totale à condition d'opérer en milieu faiblement acide.

RADIOCRISTALLOGRAPHIE — *Mécanisme de la précipitation dans les alliages ternaire* Al-Si-Mg *et quaternaire* Al-Cu-Si-Mg. Note de MM. **André Guinier** et **Honoré Lambot**, présentée par M. Charles Mauguin.

Nous avons abordé l'étude du mécanisme de la précipitation de l'alliage ternaire Al-Si-Mg par la technique des diagrammes de diffusion des rayons X qui a été utilisée par l'un de nous pour l'étude de systèmes binaires à base d'aluminium (Al-Cu, Al-Ag, Al-Zn) (1).

Le diagramme de cet alliage ternaire montre que le précipité stable est le composé Mg_2Si, qui peut se dissoudre à proportion maximum de 1,85 % à 595°. Nous avons utilisé un alliage à 0,48 % Si et 0,50 % Mg rendu homogène par chauffage à 525°. Des diagrammes de diffusion de rayons X ont été faits sur un monocristal avec le rayonnement $MoK\alpha$ monochromatique. Le cristal a été soumis à des revenus progressifs jusqu'à précipitation complète.

D'après les résultats obtenus sur les alliages binaires, on prévoit que la première phase se produisant par vieillissement à la température ambiante est le rassemblement des atomes Si et Mg en petits amas aux nœuds du réseau. Mais, étant donnée la faible différence des pouvoirs de diffusion de ces deux éléments et de l'aluminium, il n'est pas possible de mettre en évidence ces amas. Pourtant leur présence est démontrée par l'augmentation de dureté de l'alliage par vieillissement à froid.

La première apparition d'une diffusion anormale se produit au cours d'un revenu vers 150°. Nous avons trouvé un type de diffusion que nous n'avions pas encore rencontré. Les zones de diffusion dans l'espace réciproque sont *les trois familles de plan* ((100)), l'intensité étant sensiblement constante sur toute leur surface. Dans l'espace cristallin, cela correspond à trois réseaux linéaires, parallèles aux axes $< 100 >$ et ayant une période d'identité égale à la distance d_{100} de la solution solide. L'épaisseur de ces zones planes de diffusion est très faible, ce qui prouve que ces réseaux linéaires ont une grande longueur (plusieurs centaines d'angströms).

Quand le revenu est poursuivi de 200° à 250°, les zones planes de diffusion subsistent mais l'intensité de la diffusion ne reste pas constante dans tout le plan. Les lieux de renforcement sont proches des rangées $< 100 >$ de l'alumium sans leur être exactement confondus; il y a, d'autre part, des portions de plans comprises entre deux rangées consécutives sans diffusion.

Enfin les taches de diffraction de Mg_2Si apparaissent à partir de 300°. Elles sont situées en dehors des lieux de diffusion précédemment observés; elles sont

(1) *Journ. Phys.*, 8, 1942, p. 124; *Métaux et Corrosion*, **18**, 1943, p. 209.

nettes dès leur apparition et se renforcent progressivement quand on pousse le revenu jusqu'à 350°. Au-dessus de cette température, il y a commencement de redissolution du précipité. Même avec l'échantillon stationnaire, les taches de diffraction sont nombreuses, ce qui prouve que l'orientation des nouveaux cristaux par rapport à la matrice n'est pas déterminée par une épitaxie rigoureuse. Il semble que la relation générale satisfaite pour tous les cristaux du précipité est qu'un axe $< 110 >$ Mg_2Si soit confondu avec un axe $< 100 >$ Al. Nous n'avons pas trouvé de taches de diffraction indiquant l'apparition d'une phase intermédiaire à structure cristalline bien définie et différente de la structure classique de Mg_2Si.

Nous proposons l'interprétation suivante, encore partielle d'ailleurs. Le fait caractéristique du système est que le précipité Mg_2Si a un caractère ionique accusé, donc que les éléments s'y trouvent à l'état électronique d'ions Mg^{++} et Si^{----} très différent de celui des atomes métalliques. Cette modification doit se faire quand les deux atomes se trouvent en présence dans les premiers amas, et immédiatement les liaisons électrostatiques ont tendance à les ordonner les uns par rapport aux autres. L'expérience montre que cet ordonnancement consiste en la formation de longues files. On remarque que la distance de deux voisins dans le réseau de Al (2,86 Å) est proche de la distance Si-Mg de Mg_2Si (2,76 Å). Si, dans le réseau de la solution solide on dispose une file d'atomes Si sur une rangée $< 100 >$ et deux files d'atomes Mg sur les rangées $< 100 >$ contiguës et coplanaires, on reproduit sans grande déformation la chaîne des ions existant dans le cristal Mg_2Si le long de l'axe $< 110 >$. C'est donc là une disposition possible des atomes Mg et Si à l'état ionique, ceux-ci restant cependant aux nœuds de la solution solide. En réalité, des perturbations se produisent certainement, mais en admettant que celles-ci laissent intacte seulement la périodicité le long de l'axe de la chaîne, on rend compte des diffusions observées dans les plans ((100)) de l'espace réciproque. Une fois les chaînes formées, elles s'ordonnent entre elles progressivement, ce qui se traduit par des variations d'intensité dans la surface des plans de diffusion.

Mais l'état de ces amas n'est pas stable; à plus haute température, des germes du cristal Mg_2Si à symétrie cubique apparaissent, point de départ de la croissance des cristaux du précipité. Tous ces germes ont leur axe $< 110 >$ suivant $< 100 >$ Al, ce qui explique l'orientation observée pour les cristaux du précipité. Il s'agit donc là d'une *épitaxie linéaire*, alors que l'épitaxie classique est planaire.

Dans l'alliage quaternaire Al-Cu-Si-Mg il semble qu'il y ait superposition de deux phénomènes : une précipitation analogue à celle du système Al-Cu et une précipitation du type Al-Si-Mg mais conduisant au composé quaternaire $CuMg_5Si_4Al_4$ au lieu de Mg_2Si.

GÉOLOGIE. — *Anomalies de la pesanteur et tectonique profonde des Pyrénées.* Note (*) de M. **Henri de Cizancourt**, présentée par M. Pierre Lejay.

L'existence d'un minimum gravimétrique caractérisé par une anomalie de Bouguer atteignant environ 120^{mgals} dans la partie centrale des Pyrénées est connue depuis longtemps, mais des travaux récents en territoire français entrepris par la Compagnie Générale de Géophysique ont mis en évidence une perturbation positive, sensiblement rectiligne qui s'étend du Labourd à la Garonne en suivant le fossé nord-pyrénéen.

L'anomalie de Bouguer observée est ainsi la somme de deux anomalies, l'une négative et l'autre positive, qui peuvent être envisagées séparément. L'interprétation structurale a été conduite suivant une hypothèse générale que j'ai développée ailleurs ([1]) et qui conduit à envisager l'existence d'une tectonique profonde intéressant l'asthénosphère sur une épaisseur de l'ordre de 100^{km}.

L'anomalie négative correspond alors à un vaste synclinal sensiblement symétrique et limité par des dislocations dont la position, déduite des observations gravimétriques, coïncide d'une façon satisfaisante, dans la partie centrale des Pyrénées, avec la limite sud de la zone axiale et avec la limite Nord de la zone Nord pyrénéenne. Cette anomalie disparaît vers l'Ouest et vers l'Est. A l'Ouest, d'après les données encore trop sommaires du réseau espagnol, elle s'atténue progressivement; à l'Est, elle est interrompue en Méditerranée, par une zone d'anomalies positives de la pesanteur de direction NE-SW, correspondant à un élément structural anticlinal du type défini dans ma Note précédente ([2]).

On ne peut donc pas à proprement parler envisager une prolongation des Pyrénées en Méditerranée, comme certains auteurs ont voulu le faire.

L'anomalie positive Nord pyrénéenne atteint 60 à 90^{mgals}. Par son allure symétrique et régulière elle se prête parfaitement à une interprétation géométrique. Dans une hypothèse cylindrique elle correspondrait à un cylindre dont l'axe serait à une profondeur de 12 à 18^{km} suivant les régions et d'environ 7^{km} de rayon pour une différence de densité de 0,5. On obtiendrait d'ailleurs un résultat sensiblement analogue avec une forme prismatique centrée sur ce cylindre. Quelle que soit la forme exacte, on peut conclure en remarquant que cette anomalie, indépendante des conditions géologiques superficielles, se poursuit sans être influencée par eux, à travers le massif cristallin du Labourd, le synclinal de flysch crétacé de Mauléon, et la zone Nord pyrénéenne. Elle ne

---

(*) Séance du 21 juin 1948.

([1]) *La tectonique profonde de la Syrie et du Liban, essai d'interprétation géologique des mesures gravimétriques*, Beyrouth (à l'impression).

([2]) *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 2164.

peut donc pas correspondre à une influence superficielle. La valeur élevée (³) de la masse perturbatrice suggérerait donc une intrusion batholitique profonde; enfin on connaît en surface dans la zone intéressée, des massifs de lherzolite, des filons de théralite et des régions ayant subi un certain métamorphisme, qui confirment dans une certaine mesure l'interprétation précédente.

Ces résultats sont fondés sur les hypothèses dont la vraisemblance résultera de la comparaison entre les conclusions que l'on peut en tirer et les observations. On constate alors que l'équilibre isostatique déduit de ces hypothèses est réalisé d'une façon à peu près parfaite dans les Pyrénées.

L'anomalie positive, de même que le fossé Nord pyrénéen, ont une allure rectiligne dont la direction générale correspond très sensiblement à une des directions privilégiées de fractures déterminées par les méthodes statistiques (⁴); on est donc amené à supposer que la zone Nord pyrénéenne a constitué, au moins à une certaine époque, disons au crétacé inférieur, qui a été la période de subsidence et de comblement, un véritable fossé qui ne devait pas être sans analogies avec certains fossés actuels du Pacifique, quoique à une échelle plus modeste.

On peut donc penser que dans l'évolution structurale des Pyrénées, le synclinal de fond a commencé par se marquer en surface d'une façon très dissymétrique par l'ouverture du fossé Nord pyrénéen et par celui d'une zone Sud pyrénéenne généralement moins développée. Bullard a déjà montré comment ce mécanisme a pu se réaliser dans le cas des fossés africains.

L'existence d'une dépression sur le front Nord des Pyrénées combinée avec la présence de l'une des surfaces de dislocation limitant le synclinal de fond a créé un affaiblissement de la croûte qui a facilité la montée et l'intrusion de roches venues de la profondeur.

Il est assez remarquable de constater que malgré leur allure tectonique si différente en surface, les Alpes et les Pyrénées montrent une disposition profonde très analogue : l'une et l'autre chaînes correspondent à un vaste synclinal de fond intéressant les roches de l'asthénosphère sur une épaisseur de 100 à 120^{km}. Les intrusions basiques correspondent aux passages des dislocations profondes et se marquent dans les Alpes par l'anomalie positive de la zone d'Ivrée. La principale différence réside dans le fait qu'en surface le synclinal de fond alpin a été plus déprimé et plus replissé tandis que les Pyrénées possèdent un bombement axial d'allure plus simple, mais ce sont là des différences superficielles n'intéressant que les premiers kilomètres de la croûte et non des différences organiques. La distinction des chaînes géosynclinales et de plis de fond, au sens proposé par Argand et ses

(³) Mais néanmoins d'un ordre de grandeur beaucoup plus faible que celle des anomalies méditerranéennes.

(⁴) H. de Cizancourt, *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, 2, 1947, nᵒˢ 1, 2, 3, 5.

successeurs, demande donc à être sérieusement revisée et amendée, et par leur structure restée très schématique, les Pyrénées constituent une illustration particulièrement claire du mécanisme des plis et des intrusions.

LITHOLOGIE. — *Caractères pétrographiques des laves miocènes des environs de Clermont-Ferrand.* Note (*) de M. **Robert Michel**, présentée par M. Charles Jacob.

Dans une précédente Note ([1]) j'ai signalé que les coulées de lave qui couronnent le Plateau de Gergovia sont constituées par des roches assez rares : des basanites analcimiques à biotite. Il m'a semblé intéressant de comparer au point de vue pétrographique la basanite sup. de Gergovia et le *basalte* qui forme le sommet du plateau voisin des Côtes de Clermont, en raison de la similitude absolue de la position stratigraphique de ces deux coulées ([2]). La composition minéralogique de cette roche est la suivante :

Phénocristaux. — Olivine : cristaux idiomorphes très nombreux et de petites dimensions passant progressivement aux microlites; la mesure de l'angle des axes montre qu'il s'agit d'une olivine à 30% de Fe_2SiO_4. Augite : gros cristaux idiomorphes, en très petit nombre.

Pâte. — Nombreux microlites de labrador à 44% d'albite. Microlites d'augite et d'olivine. Verre peu abondant, incolore.

Minerais. — Très nombreux granules de magnétite, disséminés dans toute la masse et de dimensions variables.

Minéraux accessoires. — Quelques plages de calcite grenue remplissant secondairement les rares vacuoles de la roche. Très petites paillettes de biotite.

Structure. — Porphyrique, à pâte microlitique doléritique et faiblement hyalopilitique.

Cette roche diffère des basanites précédemment étudiées par l'absence d'analcime, d'augite titanifère, par la présence de labrador au lieu d'andésine, et par sa pauvreté en verre.

Andésite labradorique téphritique. — (Versant Sud du Plateau des Côtes de Clermont). An. nouv. Prugnard. II (III).5 (6).4.3.['2.4.1'.2'].

Si_2O.	Al_2O_3.	Fe_2O_3.	FeO.	MgO.	CaO.	Na_2O.	K_2O.	TiO_2.	P_2O_5.	MnO.	HO_2+.	H_2O–.	Total.
41,4	19,9	tr.	7.7	9,0	11,2	1,5	2,3	3,3	0,8	0,2	1,7	0,2	99,2

Le calcul de la norme américaine à partir de l'analyse ci-dessus montre que la teneur en barylites est seulement de 35,76%. D'après la nomenclature de A. Lacroix, il ne s'agirait donc pas d'un basalte comme on le croyait jusqu'ici, mais d'une andésite dont l'apparence basaltique peut s'expliquer par la grande

(*) Séance du 28 juin 1948.

([1]) *Comptes rendus*, 228, 1948, p. 2159.

([2]) J. Jung, *Mém. pour servir à l'explication de la carte géologique détaillée de la France*, 1946, § 119 et 120.

dissémination de la magnétite dans la pâte. En outre, le calcul met en évidence une quantité de néphéline atteignant 6,25 %; mais ce minéral est resté à l'état potentiel dans le verre. Il s'agit donc d'une *andésite labradorique téphritique*. De telles roches, assez fréquentes dans le massif du Mont-Dore (3), n'avaient pas été jusqu'à présent signalées en Limagne.

Il est intéressant de constater que plusieurs coulées burdigaliennes des environs de Clermont-Ferrand sont constituées par des laves à déficit de silice plus ou moins accentué et que, pour certaines d'entre elles, ce déficit s'exprime par la présence d'un feldspathoïde peu fréquent dans de telles roches, l'analcime. De nombreuses coulées de lave à déficit de silice étant connues dans d'autres régions de la Limagne (basanites, téphrites, phonolites de la Comté d'Auvergne, néphélinites du Puy de Saint Sandoux, etc.), on peut conclure que le volcanisme tertiaire de la Limagne appartient en gros à une série faiblement alcaline, ce qui l'apparente magmatiquement au volcanisme du Mont-Dore et du Cantal, et non à celui de la Chaîne des Puys de tendance calcoalcaline.

PHYSIQUE ATMOSPHÉRIQUE. — *Sur la localisation de la région ionisée dite* E *sporadique de la haute atmosphère*. Note de M. **Pierre Revirieux**, présentée par M. Pierre Lejay.

D'intéressantes manifestations de la couche E sporadique ont pu être notées durant le mois de juin. En Europe, de nombreuses communications radioélectriques bilatérales ont été réalisées à des distances de 1000^{km} et sur des fréquences voisines de 60 Mc/s (émissions effectuées par des amateurs dans la bande 58,5-60 Mc/s).

1° *Localisation de couches sporadiques limitées*. — Le 27 juin, de 15 à 19 h. T. M. G., il a été possible, pendant 4 heures consécutives, de correspondre sans interruption, à partir de la région parisienne, avec de nombreux amateurs tchécoslovaques situés dans la région de Prague, sans qu'aucune station d'aucune autre nationalité puisse être entendue. Les correspondants tchèques signalant une puissance H. F. de 50 W, étaient reçus avec des champs de 20 à 100 μV; c'est-à-dire que l'absorption, au cours de la propagation, était excessivement réduite. Les émissions effectuées à Meudon avec 30 W étaient également reçues par ces correspondants avec une très forte intensité.

Le lendemain, 28 juin, de 17 à 19^h T.M.G., les stations du Sud de la Norvège ont été reçues dans la région parisienne dans d'excellentes conditions.

---

(3) A. Lacroix, *Comptes rendus*, 164, 1917, p. 581.

Aucune station d'une autre nationalité ne put être reçue le même jour entre 14 et 22h.

Le 29 juin, de 17 à 18h, le même phénomène se reproduisait avec le Sud de la Suède.

Le 7 juin des liaisons remarquables avaient été établies avec l'Algérie, seule contrée dont les émissions pouvaient être reçues.

Des résultats concordants ont été notés par différents amateurs situés dans une zone s'étendant jusqu'à 100km de Paris.

Les phénomènes signalés correspondent à l'existence de noyaux d'ionisation intense nettement localisés, se déplaçant lentement et permettant pendant plusieurs heures une communication stable. Les noyaux d'ionisation se situeraient à mi-distance entre Paris et les zones indiquées où se placent les correspondants.

2° *Étude de l'évolution d'E sporadique au cours d'une même journée.* — On peut dire que le 4 juin, tous les pays d'Europe ont été touchés, au départ de Paris, par l'intermédiaire de la couche E sporadique. Cette journée d'écoute, remarquable d'après tous les observateurs, a permis d'assister aux déplacements apparents des zones de forte densité ionique.

Les pays nordiques, Suède en particulier, ont été de 16h30 à 18h30, reçus avec une intensité considérable : *plus tard*, on a pu entendre le Danemark, puis la Tchécoslovaquie, la Suisse et l'Italie, des stations françaises de la côte méditerranéenne, enfin les stations algériennes, toute propagation cessant vers 20h T. M. G.

Il a été noté pour la première fois en France cette particularité que, pour obtenir l'intensité de réception la plus favorable des stations suisses et tchécoslovaques, il fallait, à Meudon, diriger l'aérien vers le Nord, ces communications semblant être rendues possibles par une diffusion sur des noyaux d'ionisation intense.

L'antenne rotative utilisée, du type *Yagi*, en polarisation horizontale, comprenait deux éléments demi-ondes distants de $0,15\lambda$; l'élément actif était alimenté en son centre; l'élément passif, couplé par rayonnement, jouait le rôle de réflecteur; le rapport de gain avant et arrière était de 14 décibels.

Dans ces conditions, la direction d'arrivée des ondes peut être appréciée grossièrement sur le maximum d'audition puis une estimation, à une dizaine de degrés près, peut être effectuée sur le minimum. En toutes circonstances les relèvements exécutés ont été trouvés corrects; le 4 juin est la seule journée où cette diffusion par une couche E sporadique nordique a été notée.

Les premières manifestations de E sporadique sur ces fréquences ont été, en 1948, constatées en mai, en retard sur 1947. De nombreuses communications fugitives, ont été établies tout le long du mois de juin, mais ne présentaient pas ce caractère de stabilité et de localisation nette que nous avons signalé pour les cas exceptionnels cités plus haut.

Remarques sur la Note précédente, par M. **Pierre Lejay**.

Il est intéressant de comparer les résultats d'observation ci-dessus aux enregistrements de la station de sondages ionosphériques de Bagneux. On constate que la région E sporadique a été enregistrée au cours de juin 1948 avec une particulière intensité en deux périodes qui coïncident précisément avec celles des liaisons exceptionnelles établies par les réseaux d'amateurs. Les fréquences limites supérieures à E sporadique ont dépassé, fait extrêmement rare, dans l'après-midi du 4 juin et la matinée du 5, les plus hautes valeurs que peut atteindre l'émetteur de Bagneux, soit 13 Mc/s. Dans la période du 24 au 29, si les fréquences limites n'ont pas été aussi élevées, par contre on a noté de nombreux échos multiples, notamment le 26 et le 27.

Nous trouvons donc sur nos enregistrements une confirmation parfaite des observations de M. Revirieux. Mais il faut reconnaître que celles-ci nous fournissent de précieuses indications sur la localisation et l'étendue d'un phénomène dont les causes sont encore mal connues, indications que les sondages verticaux ne peuvent donner. C'est en réalité une méthode nouvelle d'investigation qui est, pour la première fois en France tout au moins, mise en œuvre. Mise au point et convenablement orchestrée, elle pourrait aboutir à la détection de mouvements des noyaux d'ionisation auxquels il a été fait allusion. On conçoit comme possible l'organisation d'observations continues de stations fixes émettant en permanence et qui pourraient être, tout d'abord, *surveillées* par des observateurs bénévoles.

EMBRYOLOGIE VÉGÉTALE. — *Développement de l'embryon chez le* Calandrinia procumbens *Moris. Remarques embryographiques sur quelques Portulacacées.* Note (*) de M. **Pierre Crété**, présentée par M. René Souèges.

A la suite des travaux de R. Souèges sur les Portulacacées, on sait que le développement de l'embryon appartient à la première période de la classification embryogénique pour le *Claytonia perfoliata* Donn. (1), à la deuxième période pour le *Portulaca oleracea* L. (2) et le *Calandrinia compressa* Schrad. (3). Dans cette famille, évidemment hétérogène, peut-être intervient-il déjà des différences entre les diverses espèces appartenant à un même genre. C'est pour m'en assurer que j'ai entrepris l'étude du *Calandrinia procumbens* Moris.

Les figures que j'ai observées se superposent de façon remarquable à celles que R. Souèges a rencontrées chez le *C. compressa*. La cellule apicale du proembryon-bicellu-

(*) Séance du 21 juin 1948.

(1) R. Souèges, *Comptes rendus*, **221**, 1945, p. 111.

(2) *Ibid.*, **206**, 1938, p. 768.

(3) *Ibid.*, **226**, 1948, p. 207.

laire, seule à intervenir dans l'édification de l'embryon proprement dit, fournit une tétrade seconde en T (*fig.* 3), un embryon à huit cellules disposées en quatre étages (*fig.* 6), puis à 16 cellules disposées en six étages (*fig.* 9). Plus nettement que chez le *C. compressa*, l'étage *l* donnerait, à lui seul, naissance à la partie cotylée (*fig.* 16); la partie hypocotylée provient des étages *l'* et *m* et c'est au niveau de *m*, par segmentation transversale des quatre cellules circumaxiales isolées après séparation du périblème, que se différencient les cellules initiales de l'écorce au sommet radiculaire (*fig.* 12).

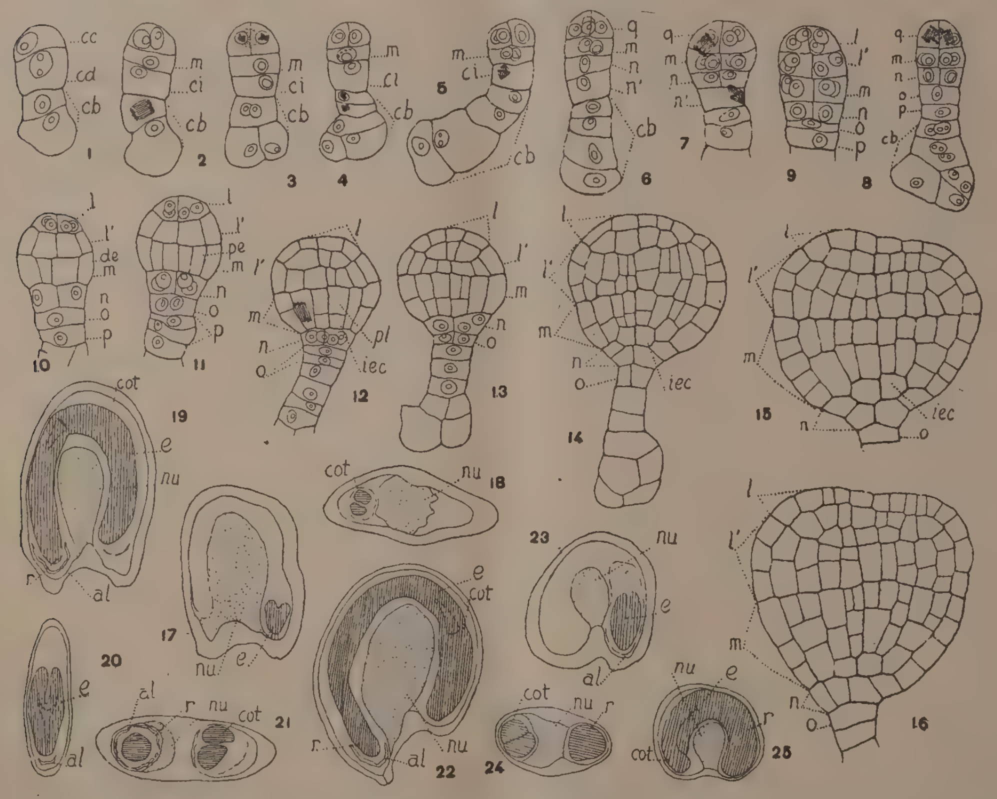


Fig. 1 à 16. — *Calandrinia procumbens* Moris. — Principaux termes du développement de l'embryon. *cb*, cellules issues de la cellule basale du proembryon bicellulaire; *cc* et *cd*, cellules-filles de la cellule apicale du proembryon bicellulaire; *m*, cellule-fille supérieure de *cd* ou portion inférieure de l'hypocotyle; *ci*, cellule-fille inférieure de *cd*; *n*, cellule-fille supérieure de *ci* ou primordium de la coiffe; *o* et *p*, cellules-filles de *n'*, fille inférieure de *ci*; *l*, octants supérieurs; *l'*, octants inférieurs; *de*, dermatogène; *pe*, périblème; *pl*, plérome; *iec*, initiales de l'écorce de la racine.

Fig. 17 à 19. — *Claytonia perfoliata* Donn. — En 17 et 19, coupes longitudinales de graines parallèlement au plan de symétrie; en 18, coupe transversale d'une graine à peine plus âgée que celle qui est figurée en 17.

Fig. 20 à 22. — *Calandrinia compressa* Schrad. — En 20, coupe longitudinale d'une jeune graine, perpendiculaire à son plan de symétrie; en 21, coupe transversale de la graine adulte; en 22, coupe longitudinale de la graine adulte, parallèle au plan de symétrie.

Fig. 23 à 25. — *Calandrinia procumbens* Moris. — En 23 et 24, coupes longitudinales de graines parallèlement au plan de symétrie, et, en 24, coupe transversale de la graine adulte. *e*, embryon; *r*, radicule; *cot*, cotylédon; *nu*, nucelle; *al*, gaine d'albumen. G. : 340; 25 pour les figures 17 à 25.

D'autre part, la description des formes adultes de l'embryon ou l'embryographie des Portulacacées dont R. Souèges et moi-même avons étudié

l'embryogénie m'a conduit à des constatations intéressantes sur la disposition que peuvent prendre, par rapport à la radicule, les cotylédons d'un sporophyte incurvé. Déjà Th. Cook ([1]) avait signalé que, chez le *Claytonia virginica*, un des cotylédons seulement s'allonge fortement; l'autre cotylédon reste rudimentaire et l'embryon adulte prend un aspect monocotylédoné. Cependant, Th. Rocén ([5]) signale la présence de deux cotylédons chez toutes les Portulacacées qu'il a étudiées.

Il existe bien deux cotylédons chez le *Claytonia perfoliata*, le *Calandrinia procumbens* et le *Calandrinia compressa*, mais ces cotylédons, au lieu d'être incombants comme c'est le cas chez les Centrospermées en général, sont en position accombante chez le *Claytonia perfoliata* et le *Calandrinia compressa*, en position oblique chez le *Calandrinia procumbens*. Quand le plan médian cotylédonaire se confond au début avec le plan de symétrie de la graine (*fig.* 17 et 23), il intervient plus tard une torsion, précoce chez le *Claytonia perfoliata* (*fig.* 18), assez tardive chez le *Calandrinia procumbens* (*fig.* 23); c'est en raison de ce retard dans la torsion, peut-être, que les cotylédons de cette dernière espèce n'atteignent jamais qu'une position oblique. Chez le *Calandrinia compressa* par contre, il semble que les cotylédons se placent très tôt en position accombante (*fig.* 20). Dans tous les cas étudiés, les cotylédons atteignent finalement, dans la graine, une épaisseur et une longueur sensiblement égales.

Il est certain que l'on ne peut pas tirer, en ce qui concerne la systématique en général, d'importantes conclusions relativement à la disposition définitive des cotylédons par rapport au plan de symétrie de la graine, puisque ce caractère présente si peu de fixité dans les seules limites d'une famille qui comprend, en outre, un nombre très restreint de représentants.

MYCOLOGIE. — *A propos de la Rouille jaune des Graminées* (Puccinia glumarum). Note de MM. **Lucien Guyot**, **Michel Massenot**, **Jacques Montégut** et **Athanase Saccas**, présentée par M. Roger Heim.

Dans le cadre de l'espèce *Puccinia rubigo-vera* créée par G. Winter en 1884 et qui réunit les diverses formes de Rouille des Graminées à urédosores ponctiformes, épars ou groupés et à téliosores clos et ceinturés d'un massif paraphysaire épais et brun, J. Eriksson et E. Henning ont distingué, en 1896, une *Rouille jaune* (*Puccinia glumarum*) à urédosores minuscules, jaune citron (cadmium clair), disposés en longues séries linéaires sur les feuilles, souvent aussi à la face interne des glumes et jusque sur les grains, et une *Rouille brune* (*Puccinia dispersa*), à urédosores plus gros, bruns (ocre brun ou terre de Sienne), épars sans ordre sur les feuilles.

Ce sectionnement spécifique, unanimement accepté par les urédinologues du monde entier, appelle toutefois les remarques suivantes :

La disposition linéaire des urédosores n'est pas un caractère constant

([1]) *Ohio Naturalist*, 3, 1903, p. 349.

([5]) *Zur Embryologie der Centrospermen* (*Inaug. Diss.*, Uppsala, 1927).

chez *P. glumarum*. Ducomet et Foëx ont indiqué, en 1925, que les urédosores de cette espèce ne semblent présenter aucune tendance à former des raies sur les feuilles des jeunes semis et ne sont distribués en séries linéaires que sur les feuilles des plantes plus âgées. En 1940, G. Viennot-Bourgin, étudiant la Rouille jaune d'*Hordeum murinum* et du Blé, note qu'au début de l'invasion des jeunes feuilles, la disposition urédosporifère est irrégulière et non en ligne, les sores secondaires formant seuls des séries linéaires régulières; il souligne par ailleurs que l'arrangement linéaire des téliosores n'est pas davantage spécifique de *P. glumarum*. Par contre, certaines Rouilles brunes (*P. bromina* parasite des *Bromus*, *P. persistens* parasite des *Agropyrum*, *P. triticina* parasite des *Triticum*) offrent parfois des urédo- et téleutosores plus ou moins nettement disposés en séries linéaires.

La couleur des urédosores de *P. glumarum* est assez variable. G. Viennot-Bourgin a constaté que les urédosores primaires de *P. glumarum* (sur *Hordeum murinum*) sont orangé vif, les urédosores secondaires jaune orangé; sur Blé, leur couleur est jaune orangé vif chez les sores initiaux, jaune cadmium ensuite, jaune laiteux enfin. Nous basant sur le Code universel des couleurs de E. Séguy, nous avons reconnu, dans un cas, aux urédosores de *P. glumarum* les teintes suivantes : 196 (= orange), 211 (= orange neutre) et 246 (= terre ocreuse), alors que la diagnose originale fait état seulement des teintes jaune citron (= 272) et jaune cadmium (= 226).

La couleur des urédosores est également inconstante chez les Rouilles brunes : en général du type brun ferrugineux à brun orangé ou même brun jaunâtre, elle varie de 171 à 196 chez *P. bromina*, 172 à 187 chez *P. persistens*, 172 à 196 chez *P. triticina*. La couleur des urédosores dépend, ainsi que leurs dimensions et leur disposition, de l'âge des tissus; dans un cas, nous avons reconnu, chez *P. triticina*, des sores assez gros (→ 2^{mm}), irrégulièrement épars et de teinte 191 (= feuille morte) sur les feuilles vertes du support, et des sores petits (→ $0{,}^{mm}5$), plus ou moins groupés ou parfois même nettement en lignes et de teinte 196 (= orange) sur les feuilles jaunissantes ou desséchées du même support. Le pâlissement par le sec des urédosores a déjà été noté par G. Viennot-Bourgin dans le cas de *P. glumarum* (sur *Hordeum murinum*, *Agropyrum* et *Triticum*); ce phénomène survient aussi chez diverses formes de Rouille brune, à un degré moindre toutefois.

Certaines formes de Rouille brune fructifient parfois, à la façon de *P. glumarum*, sur les pédicelles florifères, les glumes et les arêtes des glumelles. Eriksson et Henning en ont fait mention pour *P. bromina* sur *Bromus mollis*; nous l'avons constaté souvent pour *P. bromina* sur *Bromus sterilis*.

Le nombre des pores germinatifs sur l'enveloppe des urédospores se comporte également comme un caractère variable, tant chez *P. glumarum* que chez les Rouilles brunes. Eriksson et Henning (*Die Getreide roste*, p. 205) l'évaluent à 4-6 chez *P. glumarum*, Fischer à 8-10 (parfois 12), Arthur à 10-15,

Allen à 10-16. G. Viennot-Bourgin l'estime, selon les supports, à 7-11 (parfois 12) sur Blé, 5-12 sur les *Hordeum* spontanés, 7-11 (le plus souvent 9) sur les *Hordeum* cultivés, 5-12 sur *Agropyrum*, 6-11 à 7-13 sur *Bromus*, 6-11 (rarement 13-14) sur *Dactylis*, 9-10 sur *Arrhenatherum*, 10-12 sur *Calamagrostis*.

De notre côté, nous avons reconnu les nombres suivants de pores germinatifs en divers cas : *a*. *P glumarum :* 9-11 (7-13) sur *Ægilops*; *b*. Rouilles brunes : 1° *P. bromina :* 7-8 (6-9), 7-9 (6-10), 7-10 (5-13), 8-12 (6-13), 8-12 (5-14) et 8-12 (6-14) sur feuille de *Bromus sterilis*, 7-9 (5-10) et 8-12 (7-13) sur gaine de *B. sterilis*, 6-10 (5-11) et 6-10 (4-13) sur pédicelle floral de *B. sterilis*, 7-12 (4-14) sur glume de *B sterilis*, 7-9 (5-10) sur arête de glumelle de *B. sterilis*; 2° *P. hordei-maritimi :* 7-9 (5-10) sur feuille d'*Hordeum maritimum*; 3° *P. persistens :* 7-8 (6-10) et 8-10 (7-13) sur feuille d'*Agropyrum repens*.

Les dimensions des téleutospores offrent une variabilité aussi marquée dans le cas de *P. glumarum* que dans le cas des diverses Rouilles brunes. G. Viennot-Bourgin a noté que la distinction, au stade téleuto, entre *P. glumarum* (sur *Bromus*) et *P. bromina* est peu précise. Nous avons reconnu, de notre côté, que certaines formes de *P. bromina* (sur *Bromus sterilis* en particulier) prennent parfois, tant au stade urédo qu'au stade téleuto, un faciès glumaroïde très accentué. *P. hordei-maritimi* est presque identique, au stade téleuto, au *P. glumarum* des *Hordeum* spontanés.

En définitive, la distinction entre Rouille jaune et Rouille brune est, en de nombreux cas, beaucoup plus subtile qu'il n'apparaissait jusqu'alors; certains faciès glumaroïdes de diverses Rouilles brunes se rapprochent étrangement de la Rouille jaune classique, et leur interprétation précise est parfois délicate. Une telle convergence de structure morphologique est plus évidente encore chez les Graminées spontanées que chez les céréales cultivées; parmi les Graminées spontanées, elle est particulièrement remarquable dans le cas de certains genres (*Agropyrum*, *Bromus*, *Hordeum*) qui hébergent des Rouilles brunes susceptibles de présenter une phase écidienne sur les Renonculacées appartenant au genre *Clematis*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la recherche des itols et du saccharose chez quelques Sapindales*. Note de M. **Victor Plouvier**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Dans une Note précédente [1] j'ai signalé la présence du québrachitol chez quelques Sapindacées et Acéracées; je l'avais extrait par épuisement à l'acétone du matériel sec. Le présent travail a pour but de préciser l'utilisation de cette méthode et de l'appliquer à d'autres plantes du groupe des Sapindales Engler-Diels.

---

(1) *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1842.

L'épuisement d'une poudre végétale sèche par l'acétone dans un appareil de Soxhlet permet d'en extraire non seulement le québrachitol mais aussi des substances cristallisables de solubilité analogue, à savoir d'autres itols : pinitol, mannitol, dulcitol, sorbitol et des sucres, en particulier le saccharose. Il suffit de décanter la liqueur acétonique, de laver à l'acétone bouillant et à l'éther le dépôt plus ou moins cristallisé qui reste et de le traiter à l'ébullition, d'abord par l'alcool à 95°, puis par des alcools plus faibles; les substances cherchées cristallisent en général sans difficulté. Après repos, la liqueur acétonique laisse parfois déposer une nouvelle quantité d'itol ou de saccharose assez pur. L'identification a été faite par le point de fusion, le pouvoir rotatoire, quelques solubilités, en comparant avec des produits de référence (en outre, le saccharose a été hydrolysé).

Après refroidissement, la liqueur acétonique présente souvent des grumeaux ou se prend en masse; la filtration en sépare des esters plus ou moins purifiables. Certains fondent vers 70-80° et font penser à la présence d'hexacosanol ou d'alcools semblables, libres ou estérifiés. Ceux-ci ont été rencontrés dans presque toutes les plantes examinées et sont très répandus chez les végétaux. L'acétone dissout en outre les hétérosides éventuels qui peuvent être recherchés par traitement convenable de l'extrait acétonique.

Dans certains cas, l'acétate d'éthyle peut remplacer l'acétone. L'éther et le chloroforme ne conviennent pas, les itols y étant insolubles, mais ces solvants trouvent leur emploi pour débarrasser préalablement le matériel de sa chlorophylle, de ses lipides et esters.

Pour être quantitatif, l'épuisement dans un appareil de Soxhlet doit être effectué en plusieurs fois, avec un nouveau broyage de la poudre avant chaque opération. Il a été remarqué que toutes les poudres ne s'épuisent pas avec une égale facilité et que des substances même très solubles tardent à être dissoutes.

J'ai signalé [1] le pouvoir rotatoire fortement lévogyre des liqueurs d'essai chez les fruits d'une Sapindacée : *Kœlreuteria paniculata* Laxm. Celui-ci n'est pas uniquement dû à la présence de québrachitol : après 5 épuisements, la poudre dépourvue de québrachitol présente encore une déviation lévogyre importante. Par traitement à l'eau, défécation plombique et concentration à consistance sirupeuse, j'ai obtenu une substance cristallisée non identifiée, insoluble dans l'alcool bouillant, et que je crois être le sel de calcium d'un acide organique lévogyre insoluble dans l'éther et sans parenté avec l'inositol.

J'ai extrait le québrachitol des tiges et des feuilles de *Paullinia pinnata* L. (Sapindacée). Le matériel d'étude m'a été envoyé par M. P. Boiteau, Directeur du Jardin botanique de Tananarive.

Aucune des Sapindales énumérées ci-dessous n'a fourni de québrachitol, mais d'autres substances en ont été extraites et identifiées.

Le saccharose a été isolé des plantes suivantes : Staphyléacées : écorces et feuilles de *Staphylea colchica* Stev.; écorces de *S. elegans* Zab., *S. pinnata* L.;

feuilles de *S. Bolanderi* Gray. Ilicacées : écorces et feuilles d'*Ilex Aquifolium* L. var. *variegata;* feuilles d'*I. Aquifolium* var. *nobilis, I. Cassine* L., *I. crenata* Thunb., *I. Pernyi* Franch. Anacardiacées : écorces de *Rhus Cotinus* L. Balsaminacées : feuilles d'*Impatiens Noli-tangere* L. Celastracées : écorces et feuilles de *Celastrus Orixa* Sieb. et Zucc.; écorces d'*Evonymus americanus* L., *E. Bungeanus* Maxim., *E. europæus* L. var. *aldenhamensis* Gibbs et *fructu albo* Hort., *E. Wilsonii* Sprague, *E. yeddœnsis* Frœbel. Coriariacées : feuilles de *Coriaria japonica* Gray, *C. myrtifolia* L. Les écorces et feuilles de divers *Æsculus, Pavia* (Hippocastanacées) et *Buxus* (Buxacées) n'ont fourni aucune cristallisation : cela ne prouve pas l'absence de saccharose dans ces derniers groupes, mais plutôt la coexistence d'impuretés extractives qui l'ont empêché de cristalliser.

Le dulcitol a été isolé des Célastracées suivantes : écorces et feuilles de *Celastrus angulatus* Maxim., feuilles de *C. orbiculatus* Thunb., *C. punctatus* Thunb., *C. rosthornianus* Lœs., *C. strigillosus* Nakaï; écorces et feuilles d'*Evonymus Wilsonii ;* écorces d'*E. Bungeanus ;* feuilles d'*E. americanus, E. europæus aldenhamensis* et *fr. albo, E. latifolius* Scop., *E. radicans* Sieb. et Zucc., *E. yeddœnsis*. Sa présence était déjà connue chez *Celastrus obscurus, Evonymus atropurpureus, E. europæus, E. japonicus*. Parmi les Célastracées examinées, seul le *C. Orixa* (écorces, feuilles) n'a pas fourni de dulcitol, ce qui confirme la place de cette espèce à essence et à berbérine parmi les Rutacées, sous le nom d'*Orixa japonica* Thunb.

Les écorces des deux Coriariacées ont fourni une substance cristallisée dont je poursuis l'étude et que je crois être un suc réducteur nouveau.

En résumé, le québrachitol a été extrait d'une Sapindacée, le dulcitol de plusieurs Célastracées, le saccharose de diverses Sapindales.

TÉRATOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur l'obtention expérimentale de monstres doubles chez les Oiseaux.* Note (*) de M. **Hubert Lutz**, présentée par M. Maurice Caullery.

J'ai montré qu'il est possible d'obtenir la polyembryonie expérimentale chez les Oiseaux en fissurant au stylet de verre le blastoderme non incubé de cane; le nombre d'embryons obtenus correspond au nombre de sections faites [1], [2], [3], [4].

Il était dès lors à prévoir qu'une fissuration *partielle* du blastoderme entraînerait comme conséquence la formation de monstres doubles en Y ou en λ.

(*) Séance du 28 juin 1948.

(1) E. Wolff et H. Lutz, *Comptes rendus*, **224**, 1947, p. 1301-1302.

(2) E. Wolff et H. Lutz, *C. R. Soc. Biol.*, **141**, 1947, p. 901-903.

(3) H. Lutz, *C. R. Soc. Biol.*, **142**, 1948, p. 384-385.

(4) H. Lutz, *Comptes rendus*, **226**, 1948, p. 841-842.

Dans les deux cas, l'œuf est orienté d'après la loi de von Baer et la fissuration est parallèle à l'axe présumé du futur embryon ([5]).

Duplicitas posterior. — 1. La partie postérieure du blastoderme est fissurée à l'aiguille de verre, puis les bords de cette fissure sont coagulés à l'électrocoagulateur, afin d'éviter tout recollement. En aucun cas la section ne dépasse la moitié postérieure du blastoderme.

Embryons vivants en fin d'expérience.	*Duplicitas posterior.*	Jumeaux parallèles.	*Duplicitas anterior.*	Un seul embryon à orient. normale.	Un seul embryon faisant un angle avec l'axe présumé. 90°.	180°.
32	18	2	1	4	5	2

Ainsi donc, sur 32 embryons vivants en fin d'expérience, 18 *duplicitas posterior* sont obtenus; il s'agit ici de duplications appartenant aux groupes des tératopages et des tératodelphes. Dans chacune des catégories, les degrés les plus divers se présentent pour les tératodelphes, la duplication peut affecter une partie plus ou moins grande du corps; pour les tératopages l'accolement peut être plus ou moins fort, les deux jumeaux en sont les termes extrêmes.

Le cas de *duplicitas anterior* peut s'expliquer par un écart de 180° par rapport à la règle de von Baer; il en est de même pour les 5 embryons faisant un angle de 90° et les deux embryons faisant un angle de 180° avec l'orientation présumée.

Enfin, dans 4 cas, un seul embryon à orientation normale se présente.

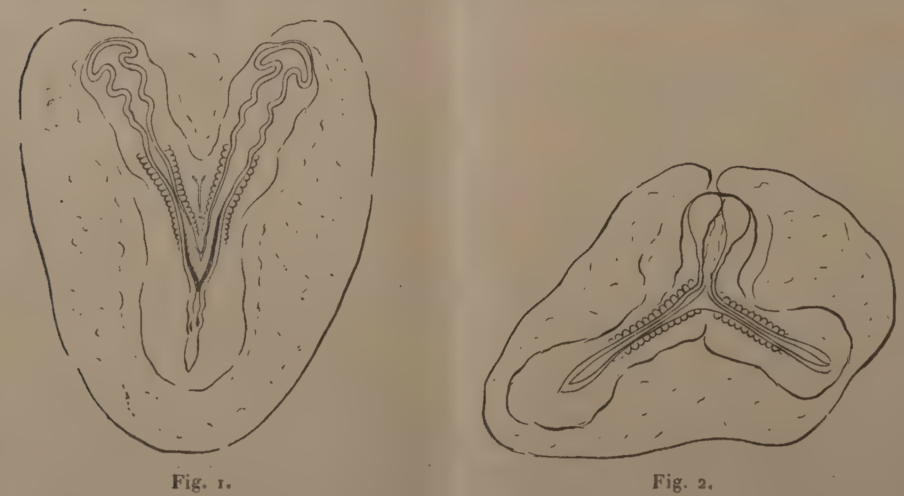


Fig. 1. Fig. 2.

Duplicitas anterior (*fig.* 1) et *Duplicitas posterior* (*fig.* 2) obtenus expérimentalement.

2. Dans une autre série d'expériences j'ai fissuré le blastoderme en 3 bandes perpendiculaires à l'axe présumé, puis supprimé complètement les bandes

([5]) *Id.*, 209, 1940, p. 450-452.

antérieure et postérieure en les enfonçant dans le vitellus. Sur 54 embryons vivants en fin d'expérience, j'ai obtenu 29 monstruosités doubles postérieures; là encore tous les degrés de tératopages et de tératodelphes se présentent. L'explication de la formation de monstruosités doubles par cette méthode n'est pas encore connue.

Duplicitas anterior. — L'obtention des monstres en Y présente beaucoup plus de difficultés; en effet la loi de von Baer n'étant qu'une loi approchée, l'axe présumé du futur embryon ne correspond que rarement à la fissure faite. D'autre part il faut là aussi éviter le recollement, ce qui a été obtenu soit par la méthode de l'électrocoagulation, soit en introduisant une paillette de bois dans la fissure. Aussi les cas obtenus sont-ils beaucoup moins nombreux.

La fissure est faite dans la partie antérieure du blastoderme et atteint les 3/4 postérieurs. Là encore les degrés les plus variés de monstres en Y sont obtenus, dont un cas sur le blastoderme de Poulet, présentant le croissant endodermique (5).

Résumé. — On obtient des monstres en λ ou en Y en fissurant partiellement la partie postérieure ou la partie antérieure du blastoderme non incubé de Cane.

PROTISTOLOGIE. — *Sur les vésicules pulsatiles d'un* Chlamydomonas.

Note de M. **Marius Chadefaud**, présentée par M. Roger Heim.

L'espèce étudiée dans la présente Note, trouvée dans les bassins du Parc de Saint-Cloud, près de Paris, se rapprochait à la fois de *Chlamydomonas Korschikoffi* Pascher et de *C. platyrhyncha* Pascher, mais n'était identique ni à l'une, ni à l'autre. Sa papille antérieure était aplatie dans le plan de symétrie du corps. Au-dessous, celui-ci contenait deux vésicules pulsatiles, symétriquement disposées par rapport à ce plan. Ces vésicules ont donné lieu aux observations suivantes :

a. En général, elles battaient en quadrature, selon la règle, l'une étant en systole tandis que l'autre était en diastole. Mais en fait, leur différence de phase était variable, de sorte que chez certains individus elles en arrivaient à battre en conjonction, c'est-à-dire à être toutes les deux en systole ou en diastole simultanément. Cette remarque prouve qu'au cours de leurs battements leur contenu ne passe pas alternativement de l'une dans l'autre, comme cela a été parfois supposé.

b. En diastole, elles étaient sphériques. Pendant la première partie de la systole, elles conservaient cette forme, en diminuant lentement de diamètre. Mais ensuite elles prenaient la forme d'une lentille biconvexe, avec plan équatorial perpendiculaire au plan de symétrie du corps, et quelquefois nettement gauchi. A partir de ce moment, la systole s'achevait, non plus par diminution

du diamètre, mais par aplatissement complet de la lentille, réduisant la cavité de la vésicule à une fissure indistincte.

Pendant la diastole, s'observaient les mêmes aspects, mais en ordre inverse. La vésicule réapparaissait sous la forme d'une simple fissure, qui se transformait en une lentille de plus en plus épaisse, puis finalement en une sphère augmentant de volume par accroissement de son diamètre.

D'autre part, chaque vésicule présentait des caractères propres, qui se conservaient sans grands changements pendant tous les battements successifs, et par lesquels les deux vésicules d'une même cellule pouvaient nettement différer. Ces caractères portaient sur le plan équatorial de la lentille, qui pouvait être assez fortement gauchi, et sur son diamètre, quelquefois très petit. Dans ce dernier cas, naturellement, la phase lenticulaire durait peu, tandis que la phase sphérique prenait une importance considérable.

Ces observations conduisent aux deux idées suivantes :

1. Les vésicules pulsatiles ne sont pas de simples lacunes du cytoplasme, mais des organites à morphologie définie. On sait déjà, d'après les travaux de divers auteurs, notamment A. Haye (¹) et moi-même (²), qu'elles sont creusées dans un cytoplasme excréteur différencié. On doit penser que, chez le *Chlamydomonas* ici étudié, ce cytoplasme constitue, pour chaque vésicule, une sorte de poche lenticulaire infiniment plate qui se gonfle d'eau pendant la diastole et se dégonfle pendant la systole.

2. Cette poche se comporte comme la vessie de caoutchouc, également lenticulaire, d'un ballon de foot-ball, qu'on gonfle d'air. Son gonflement diastolique doit être pareillement un phénomène passif, c'est-à-dire qu'il ne doit pas y avoir afflux d'eau parce que la poche s'agrandit, mais au contraire distension de la poche par suite de l'afflux d'eau. On peut penser que ce dernier résulte de la pression osmotique de cristalloïdes, accumulés grâce à l'activité du cytoplasme excréteur, tout au début de la diastole, dans la cavité encore virtuelle de la vésicule pulsatile. L'eau qui afflue ainsi vient du cytoplasme; pendant la systole, elle doit être expulsée au dehors, entraînant avec elle les cristalloïdes qui l'ont appelée.

Chez les Euglènes, cette expulsion s'effectue dans la fosse vestibulaire. Chez les Volvocales primitives, ou Pyramidomonadines, on retrouve l'équivalent d'une telle fosse, sous la forme d'un infundibulum creusé dans le pôle antérieur du corps. Dans les genres *Chlorodendron* et *Prasinocladus*, j'ai montré récemment (³) que cet infundibulum s'oblitère, plus ou moins complètement, quand la cellule s'entoure d'une paroi celluloso-pectique avec papille apicale. On passe ainsi à la disposition réalisée chez les *Chlamydomonas*, où la fosse

---

(¹) *Arch. f. Protistenkunde*, **70**, 1930, p. 1.

(²) *Le Botaniste*, **28**, 1937, p. 135.

(³) *La Revue scientifique*, **85**, 1947, p. 862.

infundibulaire n'existe plus, mais où subsiste néanmoins le cytoplasme excréteur qui garnissait sa paroi, cytoplasme qui continue à constituer un organite excréteur morphologiquement défini.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Action comparée du 2.3-dimercaptopropanol sur la catécholoxydase et sur la laccase.* Note de M. **Didier Bertrand**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

Webb, R. van Zelma, B. Miller et G. Kalnitsky (1946) (1) ont étudié comparativement l'action du 2.3-dimercaptopropanol (2) sur 21 préparations de diastases diverses. Sept étaient inhibées par le thioalcool. Parmi elles, quatre étaient connues pour avoir un coenzyme métallique et deux pour être activées par des métaux. Ils ont conclu de ces faits que l'inhibition était due au blocage par le DMP de la fraction métallique de la diastase. Ainsi, la catécholoxydase, qui est inhibée pour 95 % en quinze minutes à 17° par 0,001 M de DMP, peut être réactivée presque intégralement par un excès de cuivre : 0,01 M pour 0,0025 M de DMP. La spécificité métallique du cuivre fut alors suggérée par les auteurs précités.

Dans ces conditions, il était intéressant de voir quelle serait comparativement l'action du DMP sur la laccase et sur la catécholoxydase. On sait en effet que la préparation la plus pure de laccase renferme environ 0,15 % de Mn (dont le rôle en tant que co-laccase a depuis longtemps été mis en évidence par Gabriel Bertrand) et seulement 0,03 % de cuivre, alors que la catécholoxydase a un coenzyme cuprique (0,3 % de Cu).

La préparation de catécholoxydase dont je me suis servi a été obtenue à partir de *Psalliota campestris*. Elle avait un Q_{O_2} de 6290 sur le pyrocathécol, à 25° et à pH 7,3, pour une concentration diastasique C_{O_2} de 3777 (soit un poids sec de 9,6 mg/cm³). Tandis que la préparation de laccase provenant de *Rhus succedanea* avait un Q_{O_2} de 171 sur l'hydroquinone, à 25° et à pH 6,3 et un C_{O_2} de 5050 (poids sec de 31,4 mg/cm³). Les mesures micromanométriques ont été faites dans un appareil de Warburg avec des témoins effectués dans les mêmes conditions, mais sans diastase. Le DMP (3) a été utilisé à partir d'une solution M/4 dans de l'éthylèneglycolmonoéthyléther.

Avec les concentrations diastasiques employées, qu'il s'agisse de catécholoxydase ou de laccase, la réaction d'inhibition évolue lentement (à 20°) même avec 0,025 M de DMP (soit 3,1 mg/cm³). Si on laisse l'incubation se faire

(1) La bibliographie et les détails expérimentaux seront donnés dans une autre publication.

(2) Par abréviation DMP au cours de la Note.

(3) Provenant du laboratoire de Pr Peters, à Oxford.

dans un milieu tamponné M/15, par des phosphates, l'évolution est beaucoup plus rapide à pH 6,3 qu'à pH 7,3 pour la catécholoxydase, alors que pour la laccase il n'y a que quelques pour cent de variation. Cette différence s'accentue encore à pH 5,5 en milieu non tamponné : l'inhibition, très accélérée pour la catécholoxydase, est ralentie pour la laccase.

Quoiqu'il y ait un très gros excès de DMP vis-à-vis de la diastase réellement présente dans le milieu, la vitesse d'inhibition varie avec la concentration en DMP, suggérant que celui-ci ne puisse intervenir que sous une forme tautomère. En effet le Q_{O_2} de la catécholoxydase la plus pure étant de l'ordre du million, il y avait certainement moins de $0^{mg},003$ de celle-ci par centimètre cube de la préparation utilisée. De même le Q_{O_2} de la laccase la plus pure étant de l'ordre de 110000 à 25°, il y avait certainement moins de $0^{mg},045$ de laccase par centimètre cube.

En outre, l'étude cinétique de la réaction montre que pour l'une et l'autre diastase, l'ordre de la réaction est supérieur à deux, fait qui est en opposition avec le schéma d'un simple blocage du cuivre pour la catécholoxydase.

La réactivation par le cuivre, valable pour les deux diastases, n'est pas spécifique. Tout métal donnant avec le DMP des composés ou des complexes, permet à des degrés divers de retrouver le même résultat, prouvant ainsi qu'il ne s'agit que du déplacement de la molécule de DMP engagée dans une liaison chimique. En particulier pour la catécholoxydase, le nickel permet une réactivation plus rapide que le cuivre. Ainsi après trente minutes d'incubation avec 0,01 M de DMP à pH 7,3, de la préparation de catécholoxydase diluée au tiers (activité résiduelle zéro), 0,027 M de Ni permettent de retrouver, après 20 minutes, 50 % de l'activité, alors qu'avec 0,027 M de Cu on n'en retrouve que 17,5 %. Dans les mêmes conditions le Mg et même le Mn permettent d'en récupérer 8,3 %. Un temps plus long ou une plus forte concentration en métal donne une réactivation plus complète. Des résultats analogues sont obtenus avec la laccase; ici, toutefois, le nickel est moins actif que le cuivre.

La différence d'action du DMP sur la catécholoxydase et sur la laccase se manifeste encore différement. La préparation de catécholoxydase possède une faible activité laccasique : Q_{O_2} 360 avec un C_{O_2} de seulement 600. Or après deux heures et demie avec 0,01 M de DMP à pH 7,3, l'activité résiduelle est de 80 % sur l'hydroquinone et presque nulle sur le catéchol. Le mélange des deux préparations diastasiques en modifiant légèrement ces vitesses relatives d'inhibition, sans doute par suite des différences d'impuretés, ne modifie pas le sens du phénomène.

Conclusion. — Le 2.3-dimercaptopropanol inhibe, d'une façon relativement rapide l'action de la catécholoxydase et plus lente celle de la laccase. La vitesse d'inhibition est fortement modifiée par le pH dans le premier cas et peu dans le second (zone de 7,3 à 5,5), la variation ayant alors lieu en sens inverse. La réaction, qui est d'un ordre supérieur à deux, conduit à un produit inactif

d'où l'on peut facilement récupérer l'activité par addition d'un excès de métal, tels que Ni, Cu, Mg, Mn, donnant une combinaison avec le DMP. Mais il n'est pas possible de dire si l'inhibition a lieu par blocage d'un métal co-enzyme.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur deux antifongiques antagonistes de la vitamine* K. Note de M. et Mme **Jean Guerillot-Vinet**, présentée par M. Maurice Javillier.

Nous avons étudié l'antagonisme entre deux antifongiques (2-méthoxy-1.4-naphtoquinone et 2-chloro-1.4-naphtoquinone) et la vitamine K (2-méthyle-1.4-naphtoquinone) qui présente avec ces deux inhibiteurs une évidente analogie structurale.

Le réactif biologique employé est *Fusarium solani* cultivé en boîtes de Pétri sur milieu de Czapek gélosé. Après ensemencement par les conidies du Fusarium, les cultures sont placées à l'étuve à 25° pendant 16 heures. Ce temps est nécessaire pour que le mycélium envahisse la surface de la gélose. De petits disques de papier filtre de 6^{mm} de diamètre, imbibés chacun par une goutte ($0^{cm^3},01$) de la solution à essayer, sont alors disposés à la surface de chaque boîte. Après 24 heures de séjour à 25°, l'effet inhibiteur est déterminé en mesurant le diamètre de la surface claire, pratiquement circulaire, qui entoure le confetti et qui correspond à une lyse de mycélium.

Voyons l'effet de chacun des deux antibiotiques précités, de la vitamine K seule et mélangée aux antagonistes.

a. 2-Méthoxy-1.4-naphtoquinone :

Little et ses collaborateurs (1) ont isolé ce corps à partir de *Impatiens balsamina* L. et montré son action antibiotique pour différentes moisissures ou bactéries. Nous avons trouvé ce même effet sur *Fusarium solani* avec le composé préparé par synthèse (2). A la concentration de $0,5.10^{-4}$ (une goutte contient alors $0,5\gamma$ de substance active) on obtient une zone lysée de 8 à 10^{mm} de diamètre; à celle de $0,5.10^{-3}$ le diamètre d'inhibition est en moyenne

---

(1) Little, Sproston et Foote, *Journ. Biol. Chem.*, **174**, 1948, p. 335.

(2) Les deux antibiotiques ont été préparés et nous ont été donnés par MM. P. Meunier et Ch. Mentzer.

de 25mm.

b. 2-Chloro-1.4-naphtoquinone :

O
‖
Cl
‖
O

Cette substance, isomorphe de la vitamine K (*cf.* 2), s'est également montrée inhibitrice du *F. solani*. A la dilution de 10^{-3} l'action est encore nette. A 10^{-4} le diamètre d'inhibition est de 12mm environ.

c. 2-Méthyle-1.4-naphtoquinone. — La vitamine K est un facteur de croissance pour divers Champignons inférieurs ou bactéries. L'un de nous ([3]) a montré son action dans ce sens pour *Aspergillus Niger* et le renversement de cette action si l'on en augmente la concentration. Dans le cas de *F. Solani* le même phénomène se répète. S'il est difficile de mesurer l'effet excitateur de la vitamine K avec la méthode employée, on peut cependant noter une plus grande prolifération du champignon autour des confettis pour une concentration de l'ordre de 10^{-4}. Par contre, à 10^{-3} le mycélium est lysé sur une zone de 8 à 10mm de diamètre.

d. Antifongiques et vitamine K. — La 2-méthoxynaphtoquinone qui, à la concentration de $0,5 \times 10^{-3}$, inhibe le champignon comme nous l'avons vu, n'a plus qu'un effet à peine sensible sur le mycélium si, à la solution, on ajoute de la vitamine K à la dilution 10^{-4}. Pour la 2-chloronaphtoquinone, l'action de la vitamine K est également très nette. A la concentration de 10^{-5} elle supprime l'effet de cet inhibiteur employé à 10^{-4}.

Pour les deux substances étudiées, la quantité de vitamine qui supprime l'action nocive est donc inférieure à celle de l'antifongique. Woolley ([4]), étudiant l'antagonisme entre le 2.3-dichloro-naphtoquinone et la vitamine K sur *Saccharomyces cerevisiæ*, a trouvé un rapport inversé. Il apparaît donc que les proportions relatives entre deux corps d'actions opposées et présentant une grande parenté structurale, sont variables suivant les composés et les microorganismes.

Quoi qu'il en soit, les deux dérivés que nous avons étudiés se comportent nettement comme des antivitamines K pour *Fusarium solani*. Cet effet est à rapprocher des résultats obtenus avec ces corps dans l'étude de la coagulation sanguine [P. Meunier et ses collaborateurs ([5])]. Il se pourrait, en outre, que la 2-méthoxy-1.4-naphtoquinone et la 2-chloro-1.4-naphtoquinone présentent un intérêt pratique dans la lutte contre la fusariose des végétaux.

([3]) A. Vinet, *C. R. Soc. Biol.*, **138**, 1945, p. 155.

([4]) *Harvey Lectures Series*, **41**, 1945, p. 189.

([5]) Meunier, Mentzer et Buu Hoï, *Bull. Soc. Chim. Biol.*, **27**, 1945, p. 191.

PHARMACOLOGIE. — *De quelques actions pharmacologiques comparées des homologues inférieur et supérieur de la N-diéthyl-β-phényléthylamine et des morpholines correspondantes.* Note de M. **René Hazard**, M[lles] **Élisabeth Corteggiani** et **Simone-Hélène Renard**, présentée par M. Léon Binet.

Parmi les substances antagonistes des poisons nicotiniques dont nous poursuivons l'étude, la N-diéthyl-β-phényléthylamine se montre à la fois adrénolytique (1) et antinicotinique.

Cette double action est-elle exercée par la N-diéthylamine et la N-diéthylpropylphénylamine et que donne le passage de ces trois corps à leur morpholine?

Les trois amines tertiaires ont été préparées par action, en milieu chloroformique, de l'halogénure d'alcoyle sur l'amine secondaire correspondante (diéthyl-amine ou morpholine). Les composés obtenus ont été purifiés par rectification sous pression normale. Les amines sont des liquides sirupeux, faiblement teintés en jaune, de densité généralement supérieure à celle de l'eau, solubles dans l'alcool, l'acétone, le propylène-glycol, le chloroforme, le benzène, assez solubles dans l'éther, insolubles dans l'eau. Les morpholines ont un point d'ébullition plus élevé que les dérivés correspondants de la diéthylamine; leur odeur est moins prononcée.

Des chiens chloralosés, soumis à la respiration artificielle, et généralement vagotomisés, ont reçu l'injection intraveineuse, aux doses rapportées au kilogramme d'animal des différents produits dissous dans le propylène-glycol.

Le tableau ci-après résume les effets produits sur la pression carotidienne et les modifications apportées à l'hypertension provoquée par l'adrénaline ($1^{\mu g}$) ou la nicotine ($1/20^{mg}$); il nous permet de nous borner aux conclusions générales que voici.

La N-diéthyl-β-phényléthylamine se distingue par l'ensemble de ses propriétés, surtout de son homologue inférieur; son homologue supérieur en est plus proche. La double propriété qu'elle possède de diminuer ou d'inverser les effets hypertenseurs de l'adrénaline et de supprimer ou d'inverser l'action de la nicotine sur la pression artérielle se retrouve, mais amoindrie, chez son homologue supérieur. Son homologue inférieur montre que l'action adrénolytique peut, dans la série, être distincte de l'action antinicotinique puisqu'il exalte les effets de l'adrénaline, tandis qu'il diminue l'hypertension nicotinique. La morpholisation des trois bases étudiées entraîne la diminution générale de leur activité.

---

(1) Raymond-Hamet, *C. R. Soc. de Biol.*, **136**, 1942, p. 349.

Formules.	Point d'ébullition.	Action sur la pression artérielle (doses en g. p. k.). 0,005.	Action sur la pression artérielle (doses en g. p. k.). 0,02 à 0,05.	Action sur l'hypertension adrénalinique (doses en g. p. k.). 0,005.	Action sur l'hypertension adrénalinique (doses en g. p. k.). 0,02 à 0,04.	Action sur l'hypertension nicotinique (doses en g. p. k.). 0,02.	Action sur l'hypertension nicotinique (doses en g. p. k.). 0,05.
$C_6H_5-CH_2-N<{C_2H_5 \atop C_2H_5}$ N-diéthylbenzylamine	206	Sans action	Hypertension	Sans action	Sensibilisation	Diminution	Diminution
$C_6H_5-CH_2-N<{CH_2-CH_2 \atop CH_2-CH_2}>O$ N-morpholylbenzylamine	251	»	Hypotension	»	Légère sensibilisation	Sans action	»
$C_6H_5-CH_2-CH_2-N<{C_2H_5 \atop C_2H_5}$ N-diéthyl-β phényléthylamine	226	Hypertension	»	Dimin., tendance à l'invers.	Inversion	Suppr., tendance à l'invers.	Inversion
$C_6H_5-CH_2-CH_2-N<{CH_2-CH_2 \atop CH_2-CH_2}>O$ N-morpholyl-β phényléthylamine	265	Hypotension	»	Sans action	Diminution	Diminution	Diminution
$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-N<{C_2H_5 \atop C_2H_5}$ N-diéthylphénylpropylamine	229	»	» très forte	Diminution	Dimin., tendance à l'invers.	Suppr.	Suppr.
$C_6H_5-CH_2-CH_2-CH_2-N<{CH_2-CH_2 \atop CH_2-CH_2}>O$ N-morpholylphénylpropylamine	270	Sans action	Hypotension	Pas de modific.	Diminution	Diminution	Suppr.

BACTÉRIOLOGIE. — *Premières données sur la production d'une « Streptomycinase » par certaines souches microbiennes.* Note (*) de MM. **Émile Arquie, Bernard Sureau, Fernand Boyer** et Mlle **Micheline Saviard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Il y a un an nous avons eu l'occasion d'isoler chez un malade de l'hôpital Pasteur une souche de *B. pyocyanique* capable d'inhiber les cultures d'*Actinomyces griseus*; récemment nous avons étudié un *entérocoque* possédant, de façon marquée, la même propriété. Par la suite, nous avons observé, pour deux souches d'entérocoque de collection, la même action sur le développement d'*A. griseus*.

Les filtrats des cultures de ces souches, tant le *B. pyocyanique* que l'*entérocoque*, sont capables, même à faible concentration, d'inactiver la Streptomycine. Nous pensons être là en présence d'un enzyme, que l'on pourrait dénommer *Streptomycinase*, et qui se définit par les caractères suivants :

1° *Spécificité*. — Ces filtrats inactivent la Streptomycine; ils restent sans action sur la Pénicilline. Cette spécificité est telle qu'elle nous a permis de faire

(*) Séance du 28 juin 1948.

Action des filtrats de cultures d'Entérocoque et de B. pyocyanique sur la Streptomycine.

Streptomycine (en unités pour 5^{cm^3}).	Témoin. 24h.	Témoin. 48h.	1^{cm^3}. 24h.	1^{cm^3}. 48h.	$1/2^{cm^3}$. 24h.	$1/2^{cm^3}$. 48h.	$1/4^{cm^3}$. 24h.	$1/4^{cm^3}$. 48h.	$1/10^{cm^3}$. 24h.	$1/10^{cm^3}$. 48h.	$1/20^{cm^3}$. 24h.	$1/20^{cm^3}$. 48h.
			Filtrats entérocoques.									
500	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
200	−	−	−	+++	−	+++	−	+++	−	−	−	−
100	−	−	+	+++	+	+++	−	+++	−	+++	−	+++
50	−	−	+++		+++		+++		+++		+++	
20	−	−	+++		+++		+++		+++		+++	
10	−	+++	+++		+++		+++		+++		+++	
5	+++	−	+++		+++		+++		+++		+++	
Témoins (staphylocoque) 0	+++		+++		+++		+++		+++		+++	
			Pyocyanique.									
500	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
200	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−	−
100	−	−	+++		+++		+++		±	+++	±	+++
50	−	−	+++		+++		+++		+++		+++	
20	−	−	+++		+++		+++		+++		+++	
10	−	+++	+++		+++		+++		+++		+++	
5	+++	−	+++		+++		+++		+++		+++	
Témoins (staphylocoque) 0	+++		+++		+++		+++		+++		+++	

des dosages différentiels dans des sangs de malades recevant un traitement pénicillo-streptomyciné.

Ces dosages ont été effectués de la façon suivante :

A des tubes de 5^{cm^3} de peptone glucosée additionnée de doses variables de streptomycine, on ajoute des filtrats d'entérocoque ou de B. pyocyanique à différentes concentrations; on ensemence avec une culture de 24 heures de staphylocoque Oxford (de façon à obtenir une concentration finale de 10^{-4}). Des témoins montrent que les filtrats n'ont par eux-mêmes aucun pouvoir antibiotique et qu'ils sont stériles.

2° *Pas d'action antibiotique propre.*

3° *Comportement analogue à celui des enzymes.* — Il n'y a pas de proportionnalité entre la quantité de filtrat et son activité; il faut tenir compte pour définir l'activité des filtrats, de leur dilution, de la concentration de la Streptomycine en présence de la température, de la durée du contact, etc.

5. *Inhibition* par le B. pyocyanique et par l'Entérocoque des *cultures d'Actinomyces.*

On n'obtient pas de cultures d'*Actinomyces* lorsqu'on ensemence en même temps que les spores, le B. pyocyanique ou l'Entérocoque (5 gouttes de culture

de 24 heures par boîte de Roux 200^{cm^3}); lorsque le germe n'est apporté que 12 à 24 heures après l'ensemensement de l'Actinomyces, on note une action empêchante suivie d'une régression de la culture (dissociation du voile en particulier).

Préparation de la *Streptomycinase*.

Les produits que nous avons étudiés ont été obtenus :

a. Soit en filtrant sur bougie L 3 des cultures de 7 à 12 jours de B. pyocyanique et d'Entérocoque; *b*. soit en filtrant sur bougie L 3 des cultures analogues, surensemencées avec des spores d'Actinomyces.

Nous nous proposons de poursuivre l'étude de cet enzyme. Cette Note n'a d'autre but que de signaler nos premiers résultats. Nous n'avons pas encore rencontré dans la littérature, l'indication de faits analogues.

A 15^h50^m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.

R. C.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

OUVRAGES REÇUS PENDANT LES SÉANCES DE JUIN 1948.

Pubblicazioni dell' Istituto matematico della regia universita di Roma. *Serie, sistemi d'equivalenza e corrispondenze algebriche sulle varietà algebriche*, par FRANCESCO SEVERI. Volume primo. Roma, Edizioni Cremonese, 1942, XX ; 1 vol. 25^{cm}.

Pontificiæ academiæ scientiarum scripta varia. *Funzioni quasi abeliane*, par FRANCESCO SEVERI. Ex ædibus academicis in civitate vaticana, 1947 ; 1 vol, 24^{cm},5.

Académie d'agriculture de France. Extrait du *Procès-verbal* du 17 mars 1948. *Fermentations du vin à basse température*, par M. DE BOIXO, 1 fasc. 21^{cm},5.

Encyclopédie pratique du naturaliste. XXV. *Microscopie pratique*, par GEORGES DEFLANDRE. Deuxième édition. Paris, Paul Lechevalier, 1947 ; 1 vol. 16^{cm}.

Pour connaître la pensée de Marcelin Berthelot, par ALBERT RANC. Paris, Éditions Bordas, 1948 ; 1 vol. 23^{cm} (présenté par M. M. Delépine).

Société d'études historiques et géographiques de l'Isthme de Suez. *Nouvelle carte des massifs cristallins culminants de la Péninsule du Sinaï*, par JACQUES DAUMAS ; 1 notice 29^{cm} et 3 croquis : *Massifs cristallins culminants de la Péninsule du Sinaï* ; 1 pl. 15^{cm} × 16^{cm},5 à l'échelle de 1/100 000. — *Hauts Plateaux granitiques et environs* ; 1 pl. 21^{cm} × 27^{cm}. — *Écran montagneux méridional du gebel Katherine* ; 1 pl. 27^{cm} × 21^{cm}. — Cartes du *gebel Oum Shomer, gebel Serbal, Monastère de Sainte-Catherine* ; 3 pl. 29^{cm} × 28^{cm} au 1/100 000. *Péninsule du Sinaï. Massif de Freiah* ; 1 pl. 39^{cm} × 29^{cm},5 au 1/50 000.

Que sais-je ? La toxicologie, par RENÉ FABRE. Paris, Presses universitaires de France, 1948 ; 1 vol. 17^{cm},5.

L'analyse dimensionnelle, par ROBERT ESNAULT-PELTERIE. Lausanne, F. Rouge et Cie, 1948 ; 1 vol. 23^{cm},5.

Les engrais phosphatés, par ANDRÉ SANFOURCHE. Paris, Dunod, 1947 ; 1 vol. 25^{cm}.

Les instruments mathématiques de la statistique. Distributions à densité de probabilité continue avec une note sur les notions de loi et d'hypothèse probabilistes, par LUCIEN FÉRAUD. Lausanne, F. Rouge et Cie, et Paris, Gauthier-Villars, 1946 ; 1 vol, 23^{cm},5.

Institut royal colonial belge. *Mémoires*. Tome XVI. Fasc. 8 et dernier. *A propos de médicaments antilépreux d'origine végétale*. IX. *Sur des espèces du genre* Capsicum L. (*Solanacées*), par ÉMILE DE WILDEMAN et L. PINAERT. Bruxelles, Librairie Falk fils, 1948 ; 1 fasc. 24^{cm}.

Annales de la Société scientifique de Bruxelles. Extrait. *La récession des nébuleuses extra-galactiques* (3e partie), par P. DRUMAUX. Louvain, Secrétariat de la Société scientifique de Bruxelles, 1948 ; 1 fasc. 24^{cm},5.

Ministère des travaux publics et des transports. Institut géographique national. *Rappor, sur l'activité de l'Institut géographique national*. (Années 1943 et 1944). Paris, Imprimerie de l'Institut géographique national, 1947 ; 1 vol. 26^{cm}.

Traité d'océanographie physique. T. III. *Les mouvements de la mer*, par Jules Rouch. Paris, Payot, 1948; 1 vol. 23[cm].

Microscopie. Organe de la Société française de microscopie théorique et appliquée. T. I. N° 1. Paris, Éditions de la Revue d'optique théorique et instrumentale, 1948; 1 fasc. 24[cm].

Centre international de synthèse. *Revue d'histoire des sciences et de leurs applications.* T. I. Fasc. 1, 2 et 3. Paris, Presses universitaires de France, 1947 et 1948; 3 fasc. 25[cm],5.

Ensayo de una bibliografia de los ingenieros industriales, par Manuel de Foronda y Gómez. Madrid, Estades Artes gráficas, 1948; 1 vol. 28[cm],5.

Atvinnudeild Háskólans. Rit Landbunadardeildar.

A. Flokkur. Nr 1. *Rannsókn á Vidnamsprótti Islenzks Saudfjár gegn Mæd̄iveikinni*, par Halldór Pàlsson. *Reykjavik*, 1948; 1 fasc. 24[cm],5.

Id. — B. Flokkur. Nr 1. *Kornrœktartibraunir á sámsstödum og Vidar. Gerdar árin* 1923-1940, par Klemenz Kr. Kristjánsson. *Reykjavik*, 1946; 1 vol. 24[cm],5.

Id. — A. Flokkur. Nr 2. *Rannsóknir á Jurtasjúkdómum*, 1937-1946, par Ingólfur Davidsson. Reykjavik, 1947; 1 fasc. 24[cm],5.

Id. — B. Flokkur. Nr 2. *Studies on the origin of the Icelandic Flora.* I. *Cylo-Ecological Investigations on cakile*, par Askell Löve and Doris Löve. Reykjavik, 1947.

Bulletin technique Japy. N° 1. Arcueil, Éts Japy Frères, 1948; 1 fas. 27[cm].

Tables de butée, de poussée et de force portante des fondations, par Albert Caquot et Jean Kerisel. Paris, Gauthier-Villars, 1948; 1 fasc. 25[cm].

Mannel de paléontologie animale, par Léon Moret, Paris, Masson, 1948; 1 vol. 25[cm],5 (présenté par M. Ch. Jacob).